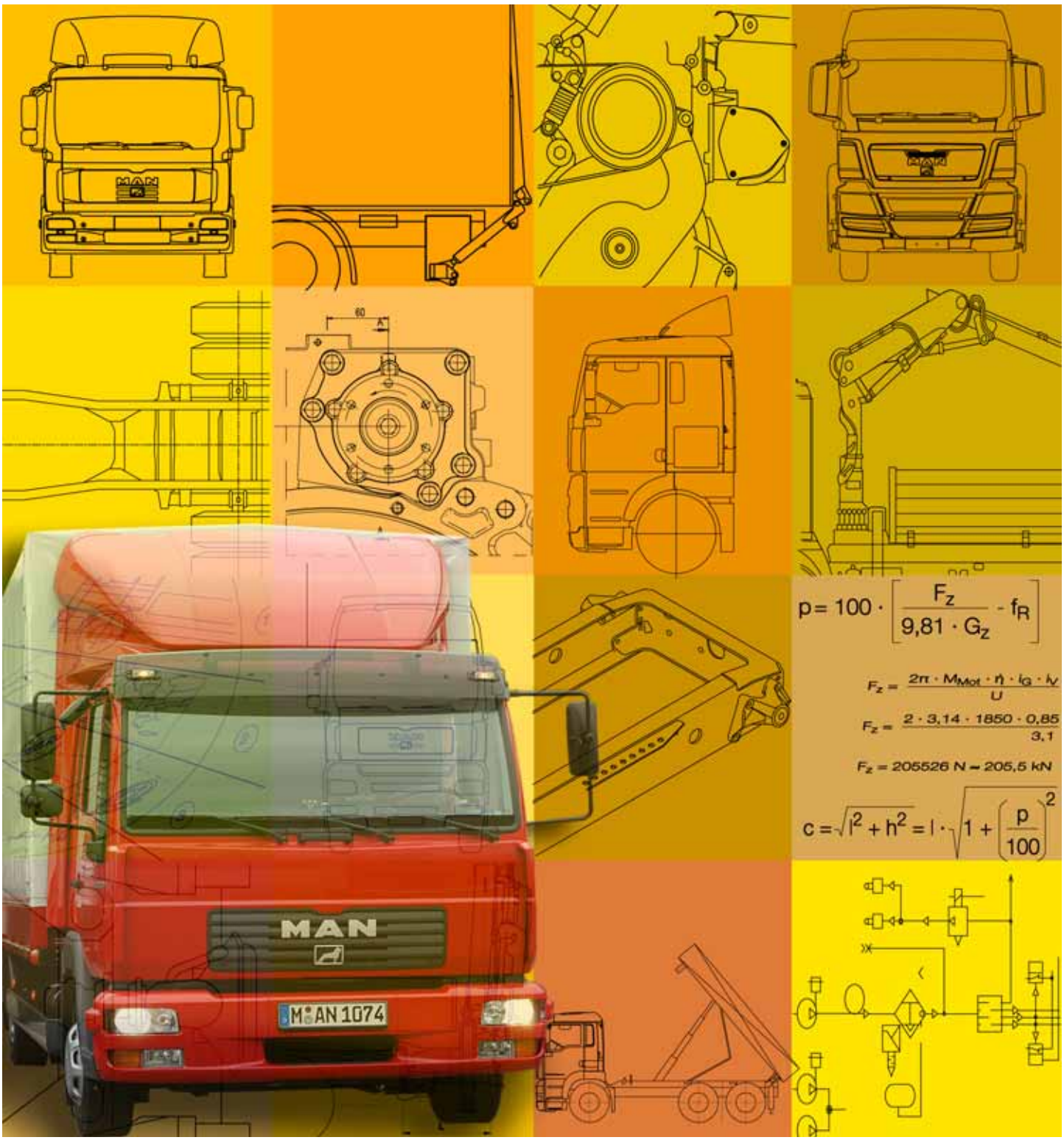
AUFBAURICHTLINIEN
L2000 M2000 F2000
Bauzeit 1992-2005 (je nach Modell)



HERAUSGEBER

MAN Truck & Bus AG
Abteilung ESC
Engineering Services
Consultation

Dachauer Str. 667
D - 80995 München

E-Mail:
esc@man.eu

Fax:
+ 49 (0) 89 1580 4264

Technische Änderungen aus Gründen der Weiterentwicklung vorbehalten.

© 2011 MAN Truck & Bus Aktiengesellschaft

Nachdruck, Vervielfältigung oder Übersetzung, auch auszugsweise, ist ohne schriftliche Genehmigung der MAN Truck & Bus AG nicht gestattet. Alle Rechte, insbesondere nach dem Gesetz über das Urheberrecht bleiben der MAN ausdrücklich vorbehalten.

Trucknology® und MANTED® ist eingetragene Marke der MAN Truck & Bus AG

Soweit Bezeichnungen Marken sind, werden diese auch ohne Kennzeichnung (® ™) als dem jeweiligen Inhaber geschützt anerkannt.

L2000 M2000 F2000 Bauzeit 1992-2005 (je nach Modell)

1. Gültigkeit der Aufbaurichtlinien 1

2. Produktkennzeichnung 1

2.1 Baureihen 1

2.2 Typnummer, Typschlüsselnummer, Fahrzeugidentifizierungsnummer, 2
Grundfahrzeugnummer, Fahrzeugnummer 2

2.3 Radformel 2

2.4 Fahrzeugbezeichnung 2

2.4.1 Fahrzeugbezeichnung für die Baureihen L2000, M2000, F2000, E2000 2

2.4.2 Typnummern, Typschlüsselnummern 5

2.5 Motorbezeichnungen 9

3. Allgemeines 10

3.1 Rechtliche Vereinbarungen und Genehmigungsablauf 10

3.1.1 Voraussetzungen 10

3.1.2 Betriebs- und Verkehrssicherheit 10

3.1.3 Auskünfte 11

3.2 Verantwortung 12

3.3 Qualitätssicherung 12

3.4 Genehmigung 13

3.5 Vorlage der Unterlagen 13

3.6 Gewährleistung 14

3.7 Haftung 15

3.8 Typprüfung 15

3.9 Sicherheit 16

3.9.1 Funktions- und Betriebssicherheit 16

3.9.2 Anleitungen für MAN-LKW 17

3.9.3 Anleitungen von Auf- und Umbaufirmen 18

3.10 Haftungsbeschränkung für Zubehör/ Ersatzteile 18

3.11 Ausnahmegenehmigungen 18

3.12 Umbereifung 19

3.13 Heraufsetzen der zulässigen Anhängelast 21

3.14 Heraufsetzen der zulässigen Achslast 21

3.15 Heraufsetzen des zulässigen Gesamtgewichtes 22

3.16 Herabsetzen des zulässigen Gesamtgewichtes 22

3.17 Begriffe, Maße und Gewichte 22

3.17.1 Achsüberlastung, einseitige Beladung 23

3.18 Mindestvorderachslast 24
3.19 Zulässige Überhanglänge 25
3.20 Theoretischer Radstand, Überhang, theoretische Achsmitte 25
3.21 Achslastberechnung und Wiegevorgang 28
3.22 Verwiegen von Nachlaufachs-Fahrzeugen 28
4. Fahrgestelle ändern 29
4.1 Sicherheit am Arbeitsplatz 29
4.2 Korrosionsschutz 29
4.3 Einlagerung von Fahrzeugen 30
4.4 Werkstoffe und Rahmendaten 30
4.4.1 Rahmenwerkstoffe für Rahmen und Hilfsrahmen 30
4.4.2 Rahmendaten 30
4.5 Rahmen ändern 35
4.5.1 Bohrungen, Niet- und Schraubverbindungen am Rahmen 35
4.5.2 Aussparungen am Rahmen 38
4.5.3 Schweißen am Rahmen 39
4.5.4 Verändern des Rahmenüberhangs 41
4.6 Radstandsänderungen 44
4.7 Nachträglicher Einbau von Aggregaten 47
4.7.1 Zusätzliche oder größere Kraftstoffbehälter nach Werksauslieferung 47
4.8 Nachträglicher Einbau von Vor- und Nachlaufachsen 47
4.9 Gelenkwellen 47
4.9.1 Einfachgelenk 47
4.9.2 Gelenkwelle mit zwei Gelenken 48
4.9.3 Räumliche Gelenkwellenanordnung 49
4.9.3.1 Gelenkwellenstrang 50
4.9.3.2 Kräfte im Gelenkwellensystem 51
4.9.4 Änderung der Gelenkwellenanordnung im Triebstrang von MAN-Fahrgestellen 51
4.10 Zentralschmierung 52
4.11 Fahrerhaus ändern 52
4.11.1 Allgemeines 52
4.11.2 Fahrerhäuser verlängern 52
4.11.3 Spoiler, Aero-Paket 53
4.11.4 Dachschlafkabinen und Hochdächer 53
4.11.4.1 Grundsätze für den Aufbau von Dachkabinen 53
4.11.4.2 Dachöffnungen 55
4.12 Achsführung, Federung, Lenkung 56
4.12.1 Allgemeines 56
4.12.2 Stabilität, Seitenneigung 56

4.13 Rahmenanbauteile 57
4.13.1 Unterfahrschutz 57
4.13.2 Seitliche Schutzvorrichtung SSV 58
4.13.3 Ersatzrad 62
4.13.4 Unterlegkeile 62
4.13.5 Kraftstoffbehälter 62
4.13.6 Flüssiggasanlagen und Zusatzheizungen 63
4.14 Gasmotor: Behandlung der Hochdruck-Gasanlage 63
4.15 Änderungen am Motor 64
4.15.1 Luftansaugung, Abgasführung 64
4.15.2 Motorkühlung 64
4.15.3 Motorkapsel, Geräuschdämmung 64
4.16 Verbindungseinrichtungen 65
4.16.1 Allgemeines 65
4.16.2 Anhängekupplung, D-Wert 67
4.16.3 Starrdeichselanhänger, Zentralachsanhänger, D_C-Wert, V-Wert 68
4.16.4 Schlußquerträger und Anhängekupplungen 70
4.16.5 Kugelkopfkupplung 84
4.16.6 Sattelkupplung 84
4.16.7 Umbau Lkw in Sattelzugmaschine oder Sattelzugmaschine in Lkw 87
5. Aufbauten 87
5.1 Allgemeines 87
5.1.1 Zugänglichkeit, Freigängigkeit 88
5.1.2 Tiefersetzen des Aufbaus 90
5.1.3 Auftritte und Plattformen 90
5.1.4 Korrosionsschutz 91
5.2 Hilfsrahmen 91
5.2.1 Hilfsrahmengestaltung 93
5.2.2 Befestigen von Hilfsrahmen und Aufbauten 96
5.2.2.1 Schraub- und Nietverbindung 96
5.2.2.2 Schubweiche Verbindung 97
5.2.2.3 Schubstarre Verbindung 103
5.2.2.4 Selbsttragende Aufbauten ohne Hilfsrahmen 105
5.3 Sonderaufbauten 106
5.3.1 Aufbauprüfung 106
5.3.2 Drehschemelaufbau 106
5.3.3 Tank- und Behälteraufbau 107
5.3.3.1 Allgemeines 107
5.3.3.2 Aufbaubefestigung, Lagerung 107
5.3.3.3 Hilfsrahmenlose Tank- und Behälteraufbauten 108

5.3.4 Kipper 110
5.3.5 Absetz-, Gleitabsetz- und Gleitabrollkipper 112
5.3.6 Pritschen- und Kofferaufbauten 113
5.3.7 Wechselbehälter 114
5.3.7.1 Wechselbrückentraggestell ab Werk 114
5.3.7.2 Andere Wechseleinrichtungen 114
5.3.8 Ladekran 115
5.3.8.1 Ladekran hinter dem Fahrerhaus 117
5.3.8.2 Heckladekran 118
5.3.8.3 Hilfsrahmen für Ladekran 119
5.3.9 Ladebordwand 128
5.3.10 Seilwinde 148
5.3.11 Transportmischer 149
6. Elektrik, Leitungen 150
6.1 Einführung 150
6.2 Hinweis auf Reparaturanleitungen und Normen 150
6.3 Starten, Anschleppen und Betrieb 150
6.4 Behandlung der Batterien 150
6.5 Zusatzschaltpläne und Kabelstrangzeichnungen 151
6.6 Absicherung, Leistung für zusätzliche Verbraucher 152
6.7 Art der zu benutzenden elektrischen Leiter und Relais 152
6.8 Beleuchtungsanlage 152
6.9 Entstörung 153
6.10 Elektromagnetische Verträglichkeit 153
6.11 Schnittstellen am Fahrzeug 153
6.12 Aufbauvorbereitungen 154
6.13 Einstellen kundenspezifischer Parameter mit MAN-cats® 154
6.14 Masseleitung 154
6.15 Elektrische Leitungen und Leitungsverlegung 155
7. Nebenabtriebe (siehe separates Heft) 155
8. Bremsen, Leitungen 156
8.1 Brems- und Druckluftleitungen 156
8.1.1 Grundsätze 156
8.1.2 Steckverbinder, Übergang auf das System Voss 232 156
8.1.3 Verlegung und Befestigung von Leitungen 158
8.1.4 Druckluftverlust 160
8.2 Anschließen von Nebenverbrauchern 160
8.3 Einstellen der ALB 163
8.4 Dauerbremsen 163
8.4.1 Hydrodynamische Retarder 163

8.4.2 Wirbelstrombremsen 164
9. Berechnungen 166
9.1 Geschwindigkeit 166
9.2 Wirkungsgrad 167
9.3 Zugkraft 168
9.4 Steigfähigkeit 169
9.4.1 Weg bei Steigung oder Gefälle 169
9.4.2 Steigungs- oder Gefällewinkel 169
9.4.3 Berechnung der Steigfähigkeit 170
9.5 Drehmoment 174
9.6 Leistung 175
9.7 Nebenabtriebsdrehzahlen am Verteilergetriebe 177
9.8 Fahrwiderstände 178
9.9 Spurkreis 181
9.10 Achslastberechnung 183
9.10.1 Durchführen einer Achslastberechnung 183
9.10.2 Gewichtsberechnung Nachlaufachse angehoben 186
9.11 Auflagerlänge bei Aufbau ohne Hilfsrahmen 188
9.12 Verbindungseinrichtungen 189
9.12.1 Anhängekupplung 189
9.12.2 Strarrdeichselanhänger/ Zentralachsanhänger 189
9.12.3 Sattelkupplung 191

In Bildern genannte ESC-Nummern dienen der internen Organisation.
Sie haben für den Leser keine Bedeutung.

Wenn nicht anders angegeben: Alle Maße in mm, alle Gewichte und Lasten in kg.

Vorbemerkung:

Diese Aufbaurichtlinie befasst sich mit Fahrzeugen die mittlerweile in der Serienproduktion ausgelaufen sind.
Der Inhalt nach dem Stand bis zum Auslauf der Serie wird hier zur Verfügung gestellt, damit auch für Fahrzeuge der 2000-er Generation alle Hinweise zum Auf- An- oder Umbau zur Verfügung stehen. Ehemalige Firmenbezeichnungen wurden im Text beibehalten.

1. Gültigkeit der Aufbaurichtlinien

Diese „Aufbaurichtlinien Lkw“ sind eine Veröffentlichung der MAN Truck & Bus Aktiengesellschaft.
Der Inhalt darf unter Hinweis auf die Quellenangabe weiterverwendet werden.

Die Aufbaurichtlinien werden auch mittels unserer Software MAN „Technische Daten MANTED®“ über Internet www.manted.de zur Verfügung gestellt. Der Anwender hat sich selbst davon zu überzeugen, dass er mit dem jeweils aktuellen Stand arbeitet. Über den jeweils aktuellen Stand gibt die Abteilung ESC (siehe oben unter „Herausgeber“) Auskunft.

Diese Aufbaurichtlinien sind eine Anleitung und technische Hilfe für Unternehmen, die die Konstruktion und Montage von Aufbauten für Lkw-Fahrgestelle und die Änderung von Lkw-Fahrgestellen durchführen.

Diese Aufbaurichtlinien gelten für Lkw:

- Neufahrzeuge
- Altfahrzeuge
  sofern an diesen nachträgliche Eingriffe vorgenommen werden.

Aufbaurichtlinien für Omnibusfahrgestelle sind bei NEOMAN erhältlich.

Die Zuständigkeiten für Lkw´s sind wie folgt geregelt:
bei

- Verkaufsfragen
  → die nächste MAN-Niederlassung
  → Sales Support
- Technischen Fragen
  → bei Verkaufsverhandlungen
  - die nächste MAN-Niederlassung
  - Abt. ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“)
- Kundendienstangelegenheiten
  → After Sales

2. Produktkennzeichnung

Zur Identifizierung und Unterscheidung von MAN-Fahrzeugen, Bauteilen und Aggregaten werden in diesem Kapitel in den Abschnitten 2.1 bis 2.5 einige Bezeichnungen näher erläutert. Die in Typen- oder Modellbezeichnungen enthaltenen Zahlenwerte dienen zur Kennzeichnung und geben keine verbindliche Auskunft über die tatsächliche Höchstbelastbarkeit bestimmter Teile oder Aggregate, sie stimmen auch nicht in allen Fällen mit gesetzlich vorgegebenen Grenzen überein.

2.1 Baureihen

Innerhalb des MAN-Fahrzeugprogramms gibt es unterschiedliche Fahrzeugklassen bzw. Baureihen.
Wenn in diesen Aufbaurichtlinien von Fahrzeugfamilien oder Baureihen die Rede ist, dann sind folgende Fahrzeuge gemeint:

L2000	7,5 t bis 10,5 t	siehe Tabelle 12
M2000L	1 t bis 2 t	siehe Tabelle 13
M2000M	12 t bis 2 t	siehe Tabelle 14
F2000	19 t bis 4 t	siehe Tabelle 15
E2000	19 t bis 5 t	siehe Tabelle 16

2.2 Typnummer, Typschlüsselnummer, Fahrzeugidentifizierungsnummer, Grundfahrzeugnummer, Fahrzeugnummer

Die technische Identifikation des MAN-Fahrgestells und die Zuordnung zur Baureihe geschieht durch die dreistellige Typnummer auch Typschlüsselnummer genannt. Sie ist Bestandteil der 17-stelligen Fahrzeugidentifizierungsnummer (Fahrzeug-Ident.-Nr., FIN) und dort an der 4. bis 6. Stelle zu finden. Ebenso enthält die zu Vertriebszwecken gebildete Grundfahrzeugnummer (GFZ-Nr.) an der 2. bis 4. Stelle die Typnummer. Die 7-stellige Fahrzeugnummer beschreibt die technische Ausrüstung eines Fahrzeugs, sie enthält die Typnummer an der 1.-3. Stelle und anschließend eine 4-stellige Zählnummer. Die Fahrzeugnummer befindet sich in den Fahrzeugpapieren und am Fabrikschild des Fahrzeugs. Die Fahrzeugnummer kann bei allen technischen Anfragen für Um- und Aufbauten anstelle der 17-stelligen Fahrzeugidentifizierungsnummer angegeben werden.

2.3 Radformel

Zur genaueren Kennzeichnung kann neben der Fahrzeugbezeichnung die Radformel dienen. Sie ist ein geläufiger Begriff, aber nicht genormt. Zwillingsbereifung wird als ein Rad betrachtet, gezählt werden also die „Radstellen“.
Die Radformel gibt nicht Auskunft welche Achsen angetrieben sind. Bei Allradfahrzeugen sind nicht zwangsläufig alle Achsen angetrieben, es sind lediglich Allradkomponenten im Triebstrang vorhanden.

Tabelle 1: Radformel Beispiel

6x4/2		
6	=	Anzahl der Radstellen insgesamt
x	=	keine Aussage
4	=	Anzahl der angetriebenen Räder
/	=	Es sind nur Vorderräder gelenkt
-	=	kombinierte Vorder- und Hinterradlenkung
2	=	Anzahl der gelenkten Räder

Im üblichen Sprachgebrauch wird die Anzahl der gelenkten Räder nicht genannt, wenn es nur zwei gelenkte Räder sind.
MAN gibt in den technischen Unterlagen die Anzahl der gelenkten Räder konsequenterweise trotzdem an.

2.4 Fahrzeugbezeichnung

2.4.1 Fahrzeugbezeichnung für die Baureihen L2000, M2000, F2000, E2000

Im Folgenden wird die Systematik zur Bildung der Fahrzeugbezeichnungen erklärt.
Fahrzeugbezeichnungen bestehen aus Präfix und Suffix.

Tabelle 2: Fahrzeugbezeichnung Beispiel

26.464	FNLL	
26.464		Präfix
	FNLL	Suffix

Ein Präfix besteht aus:

- Technischem Auslegungsgesamtgewicht*
- Motorleistung in DIN-PS/10
- Baumusterkennziffer.

Tabelle 3: Präfix-Beispiel

26.464 FNLL		
26.	=	Technisches Auslegungsgesamtgewicht*
46	=	Motorleistung in DIN-PS/10, 46x10 = 460 PS, Motorleistungen, die mit 5 PS enden, werden aufgerundet
4	=	Baumusterkennziffer

* Das technisch mögliche zulässige Gesamtgewicht wird erst dann erreicht, wenn das Fahrzeug auch mit den entsprechenden Bauteilen ausgerüstet ist. Die Fahrzeugbezeichnung gibt keine Auskunft über den technischen Ausrüstungsstand eines Fahrzeugs.

Das Suffix besteht aus:

- Fahrgestellteil
- Werksaufbauteil
- Maßteil
- Auf-/ Umbauteil.

Tabelle 4: Suffix-Beispiel

19.364 FLK/N-LV		
FL	=	Fahrgestellteil
K	=	Werksaufbauteil
/N	=	Maßteil
-LV	=	Auf-/Umbauteil

Fahrgestellteil:

Die 1. Stelle (bei Zweiachsern) bzw. 1. und 2. Stelle bei Fahrzeugen mit mehr als zwei Achsen bedeuten:

Tabelle 5: Fahrzeugbaureihe und -bauart im Suffix

L	=	Leichte L2000 oder Mittlere Reihe M2000L Fahrerhaus der Leichten Reihe L2000
LN	=	Mittlere Reihe M2000L Fahrerhaus der Leichten Reihe L2000, Nachlaufachse
M	=	Mittlere Reihe, Fahrerhaus der Schweren Reihe F2000
MN	=	Nachlaufachse, Mittlere Reihe, Fahrerhaus der Schweren Reihe F2000
MV	=	Vorlaufachse, Mittlere Reihe, Fahrerhaus der Schweren Reihe F2000
F	=	Zweiachser, Fahrerhaus der Schweren Reihe F2000
FN	=	Nachlaufachse, Fahrerhaus der Schweren Reihe F2000
FV	=	Vorlaufachse, Fahrerhaus der Schweren Reihe F2000
DF	=	Dreiachser, Doppelachse, Mittlere Reihe, Fahrerhaus der Schweren Reihe F2000
VF	=	Vierachser, Fahrerhaus der Schweren Reihe F2000

Es folgen optional Angaben über Allradantrieb und/ oder Einzelbereifung an angetriebenen Hinterachsen:

Tabelle 6: Kennzeichen für Allradantrieb/ Einzelbereifung im Suffix

A	=	**A**llradantrieb
E	=	**E**inzelbereifung

Federung:

Fahrzeuge mit Blattfederung an allen Achsen werden nicht besonders gekennzeichnet. Luftfederung wird durch den Buchstaben „L“ hervorgehoben, hydropneumatische Federung durch den Buchstaben „P“. Dies wird nicht ab der 1. Stelle des Suffixes, sondern frühestens ab der 2. Stelle gezählt. Unterschieden werden folgende Federungssysteme:

Tabelle 7: Kennzeichnung des Federungssytems im Suffix

Federungssystem	Kurzbezeichnung	Erklärung
Blatt-Blatt	ohne	Vorder- und Hinterachse(n) blattgefedert
Blatt-Luft	L	Vorderachse(n) blattgefedert, Hinterachsen luftgefedert
Luft-Luft	LL	Vollluftfederung, Vorder- und Hinterachse(n) luftgefedert
Blatt-Hydro	P	Vorderachse(n) blattgefedert, Hinterachse(n) hydropneumatisch gefedert

Lenkungsanordnung:

Linkslenker werden nicht besonders gekennzeichnet. Rechtslenker erhalten den Buchstaben „R“ im Suffix als letzte Stelle im Fahrgestellteil, jedoch vor dem Werksaufbauteil.

Tabelle 8: Kennzeichnung Rechtslenker

FLRS

F = Frontlenker mit 2 Achsen und Triebstrang wie Zweiachser
L = Blatt-**L**uft-Federung
R = **R**echtslenker
S = Sattelzugmaschine

Werksaufbauteil:

Dieser Buchstabe kennzeichnet, dass eine entsprechende Aufbauart ab Werk möglich ist, es besteht aber auch die Möglichkeit zur Lieferung ohne Aufbau.

Tabelle 9: Werksaufbauteil

C = Fahrgestell (**C**hassis) mit und ohne Werkspritsche
K = **K**ipper
S = **S**attelzugmaschine
W = **W**echselbrückentraggestell

Maßteil:

Besondere, vom üblichen abweichende Bauhöhen werden mit Schrägstrich gekennzeichnet. Ob eine besondere Bauhöhe vorliegt, wird durch die Konstruktion des gesamten Fahrgestells bestimmt. Eine Änderung der Fahrzeug-Ausstattungen, wie z.B. Umbereifung, niedrige Montageplatte, niedrige Sattelkupplung usw., verursachen keine Änderung der Fahrzeugbezeichnung in niedrige Bauart.

Tabelle 10: Bauhöhen

19.414 FLS/N

/ = besondere Bauhöhe
N = **N**iedrig
M = **M**ittelhoch
H = **H**och

Auf-/ Umbauteil:

Ist ein Fahrgestell für einen bestimmten Aufbau oder Umbau vorgesehen, dann ist der Auf-/ Umbauteil mit einem Bindestrich (-) abzusetzen. Dem Bindestrich folgt immer eine zweistellige Buchstabenkombination.

Tabelle 11: Auf-/ Umbauteil

Beispiel:

19.314 FLL - PT

- KI	=	Vorbereitung für **Ki**ppbrückenaufbau
- HK	=	Vorbereitung für **H**inter**k**ipper
- KO	=	Vorbereitung für **Ko**mmunalaufbau
- LF	=	Vorbereitung für **L**ösch**f**ahrzeug
- LV	=	Vorbereitung für **L**adekranaufbau **v**or der Brücke
- PT	=	Vorbereitung für **P**kw-**T**ransporter
- TM	=	Vorbereitung für **T**ransport**m**ischer
- NL	=	Vorbereitung für Einbau einer **N**ach**l**aufachse

2.4.2 Typnummern, Typschlüsselnummern

Tabelle 12: L2000

TNR	Tonnage	Bezeichnung	Federung	Motor	Radformel
L20	8/9 t	8.xxx L 9.xxx L	BB	R4	4x2/2
L21	8/9 t	8.xxx L 9.xxx L	BB	R6	4x2/2
L22	8 t	8.xxx LAE	BB	R4	4x4/2
L23	8 t	8.xxx LAE	BB	R6	4x4/2
L24	10 t	10.xxx L	BB	R4	4x2/2
L25	10 t	10.xxx L	BB	R6	4x2/2
L26	10 t	10.xxx LAE	BB	R4	4x4/2
L27	10 t	10.xxx LAE	BB	R6	4x4/2
L33	8/9 t	8.xxx LL 9.xxx LL	BL	R4	4x2/2
L34	8/9 t	8.xxx LL 9.xxx LL	BL	R6	4x2/2
L35	10 t	10.xxx LL	BL	R4	4x2/2
L36	10 t	10.xxx LL	BL	R6	4x2/2

*) = Die Federungsart wird durch folgende Kennbuchstaben dargestellt:

B = Blattfederung,

L = Luftfederung,

H = Hydropneumatische Federung. Jede Achse erhält einen eigenen Kennbuchstaben (beginnend mit der 1. Achse).

*) = Die Motorart wird durch bis zu drei Abkürzungen dargestellt, der Buchstabe (R/ V) steht für die Bauform, also Reihen- bzw. V-Motor und die Zahl steht für die Zylinderzahl.

Tabelle 13: M2000L mit Fahrerhaus Kompakt, Mittellang oder Doppelkabine

TNR	Tonnage	Bezeichnung	Federung	Motor	Radformel
L70	12 t	12.xxx L	BB	R4	4x2/2
L71	12 t	12.xxx L	BB	R6	4x2/2
L72	12 t	12.xxx LL	BL	R4	4x2/2
L73	12 t	12.xxx LL	BL	R6	4x2/2
L74	14 t	14.xxx L	BB	R4	4x2/2
L75	14 t	14.xxx L	BB	R6	4x2/2
L76	14 t	14.xxx LL	BL	R4	4x2/2
L77	14 t	14.xxx LL	BL	R6	4x2/2
L79	14 t	14.xxx LLL	LL	R6	4x2/2
L80	14 t	14.xxx LA	BB	R6	4x4/2
L81	15 t	15.xxx L	BB	R4	4x2/2
L82	15 t	15.xxx L	BB	R6	4x2/2
L83	15 t	15.xxx LL	BL	R4	4x2/2
L84	15 t 20 t	15.xxx LL 20.xxx LNL	BL BLL	R6 R6	4x2/2 6x2-4
L86	15 t 20 t	15.xxx LLL 20.xxx LNLL	LL LLL	R6 R6	4x2/2 6x2-4
L87	18 t	18.xxx L	BB	R6	4x2/2
L88	18 t	18.xxx LL	BL	R6	4x2/2
L89	18 t	18.xxx LLL	LL	R6	4x2/2
L90	18 t	18.xxx LA	BB	R6	4x4/2
L95	26 t	26.xxx DL	BBB	R6	6x4/2

Tabelle 14: M2000M mit Fahrerhaus Nah- oder Fernverkehr

TNR	Tonnage	Bezeichnung	Federung	Motor	Radformel
M31	14 t	14.xxx M	BB	R6	4x2/2
M32	14 t	14.xxx ML	BL	R6	4x2/2
M33	14 t	14.xxx MLL	LL	R6	4x2/2
M34	14 t	14.xxx MA	BB	R6	4x4/2
M38	18 t	18.xxx M	BB	R6	4x2/2
M39	18 t	18.xxx ML	BL	R6	4x2/2
M40	18 t	18.xxx MLL	LL	R6	4x2/2
M41	18 t	18.xxx MA	BB	R6	4x4/2
M42	25 t	25.xxx MNL	BLL	R6	6x2/2
M43	25 t	25.xxx MNLL	LLL	R6	6x2/2
M44	25 t	25.xxx MVL	BLL	R6	6x2/4

Tabelle 15: F2000

TNR	Tonnage	Bezeichnung	Federung	Motor	Radformel
T01	19 t	19.xxx F	BB	R5	4x2/2
T02	19 t	19.xxx FL	BL	R5	4x2/2
T03	19 t	19.xxx FLL	LL	R5	4x2/2
T04	19 t	19.xxx FA	BB	R5	4x4/2
T05	23 t	23.xxx FNLL	LLL	R5	6x2/2 6x2-4
T06	26 t	26.xxx FNL	BLL	R5	6x2/2 6x2-4
T07	26 t	26.xxx FNLL	LLL	R5	6x2/2 6x2-4
T08	26 t	26.xxx FVL	BLL	R5	6x2/4
T09	26 t	26.xxx DF	BBB	R5	6x4/2
T10	26 t	26.xxx DFL	BLL	R5	6x4/2
T12	27/33 t	27.xxx DFA	BBB	R5	6x6/2
T15	32 t	32.xxx VF	BBBB	R5	8x4/4
T16	35/41 t	35.xxx VF	BBBB	R5	8x4/4
T17	32 t	32.xxx VFLR	BBLL	R5/R6	8x4/4
T18	27/33 t	27.xxx DF	BBB	R5	6x4/2
T20	19 t	19.xxx FLL	LL	R5	4x2/2
T31	19 t	19.xxx F	BB	R6	4x2/2
T32	19 t	19.xxx FL	BL	R6	4x2/2
T33	19 t	19.xxx FLL	LL	R6	4x2/2
T34	19 t	19.xxx FA	BB	R6	4x4/2
T35	23 t	23.xxx FNLL	LLL	R6	6x2/2 6x2-4
T36	26 t	26.xxx FNL	BLL	R6	6x2/2 6x2-4
T37	26 t	26.xxx FNLL	LLL	R6	6x2/2 6x2-4
T38	26 t	26.xxx FVL	BLL	R6	6x2/4
T39	26 t	26.xxx DF	BBB	R6	6x4/2
T40	26 t	26.xxx DFL	BLL	R6	6x4/2
T42	27/33 t	27.xxx DFA	BBB	R6	6x6/2
T43	40 t	40.xxx DF	BBB	R6	6x4/2
T44	40 t	40.xxx DFA	BBB	R6	6x6/2
T45	32 t	32.xxx VF	BBBB	R6	8x4/4
T46	35/41 t	35.xxx VF	BBBB	R6	6x2/4
T48	27/33 t	27.xxx DF	BBB	R6	6x2/2
T50	19 t	19.xxx FLL	LL	R6	4x2/2
T62	19 t	19.xxx FL	BB	V10	4x2/2
T70	26 t	26.xxx DFL	BLL	V10	6x4/2
T72	27/33 t	27.xxx DFA	BBB	V10	6x6/2
T78	27/33 t	27.xxx DF	BBB	V10	6x4/2

Tabelle 16: ÖAF-Sonderfahrzeuge

TNR	Tonnage	Bezeichnung	Federung	Motor	Radformel
E40	26 t	26.xxx DFLR	BBB	R6	6x4/2
E41	41 t	41.xxx VFA	BBBB BBLL	R6	8x8/4 8x4/4
E42	26 t	26.xxx FVL	BLL	R6	6x2/4
E47	28 t	28.xxx FAN 28.xxx DFA	BBB	R5	6x4-4 6x6-4
E50	30/33 t	33.xxx DFAL	BLL	R5	6x6/2
E51	19 t	19.xxx FL	BL	R5	4x2/2
E52	19 t	19.xxx FAL	BL	R5	4x4/2
E53	26 t	26.xxx FNL	BLL	R5	6x2-4 6x4-4
E54	26 t	26.xxx FN	BBB	R5	6x2/2
E55	32 t	32.xxx VFL	BBLL	R5	8x2/4 6x2-6 8x4/4
E56	26 t	26.xxx FAVL	BLL	R5	6x4/4
E58	41/50 t	41.xxx VFA	BBBB	R5	8x8/4 8x6/4 8x4/4
E59	33 t	33.xxx DFL	BLL	R5	6x2/2 6x4/2
E60	30/33 t	33.xxx DFAL	BLL	R6	6x6/2
E61	19 t	19.xxx FL	BL	R6	4x2/2
E62	19 t	19.xxx FAL	BL	R6	4x4/2
E63	26 t	26.xxx FNL	BLL	R6	6x2-4 6x4-4
E64	26 t	26.xxx FN	BBB	R6	6x2/2
E65	32 t	32.xxx VFL	BBLL	R6	8x2/4 8x2-6 8x4/4
E66	26 t	26.xxx FAVL	BLL	R6	6x4/4
E67	28 t	28.xxx FANL 28.xxx FNAL	BLL	R6	6x4-4 6x6-4
E68	41/50 t	41.xxx VFA	BBBB	R6	8x8/4 8x6/4 8x4/4
E69	33 t	33.xxx DFL	BLL	R6	6x2/2 6x4/2
E72	33 t	33.xxx DFAP	BHH	R6	6x6-4
E73	32/35 t	32.xxx FVNL	BLLL	R6	8x2/4 8x2-6
E74	42 t	42.xxx VFP	BBHH	R6	8x4-6
E75	41 t	41.xxx DFVL	BLBB BLLL	R6	8x4/4

Tabelle 16: ÖAF-Sonderfahrzeuge (Fortsetzung)

TNR	Tonnage	Bezeichnung	Federung	Motor	Radformel
E77	50 t	50.xxx VFVP	BBHHH	R6	10x4-8
E78	42 t	42.xxx VFAP	BBHH	R6	8x8-6
E79	50 t	50.xxx VFAVP	BBHHH	R6	10x8-8
E88	35 t	36.xxx VFL	BBLL	V10	8x4/4
E94	40 t	40.xxx DFA 40.xxx DFAL	BBB BLL	V10	6x6/2
E95	41 t	41.xxx DFVL	BLBB BLLL	V10	8x4/4
E98	50 t	50.xxx VFA	BBBB	V10	8x8/4
E99	33 t	33.xxx DF 33.xxx DFL	BBB BLL	V10	6x4/2

2.5 Motorbezeichnungen

Tabelle 17: Motorbezeichnung

	X	XX	X	X	X(X)	(X)	(X)	(X)
	D	08	2	6	L		F	
Dieselmotor	D							
+ 100 mm = Zylinderbohrungsdurchmesser in mm		08						
mal 10 + 100 = Hub in mm			2					
Zylinderzahl				6				
Ansaugluftbeschaffung					L			
Leistungsvariante								
Motoreneinbau							F	

Kurzzeichenerklärung:
D = Diesel
E = Erdgas
L = Ladeluftkühlung
F = Fronteinbau, Motor stehend
H = Heckeinbau, Motor stehend (Bus)

Tabelle 18: Motorbezeichnung Beispiel

	D	28	4	0	L	F
Dieselmotor	D					
+ 100 mm = 128 mm Bohrung		28				
mal 10 + 100 = 140 mm Hub			4			
0 = 10 Zylinder				0		
Ladeluftkühlung					L	
Fronteinbau, stehend						F

3. Allgemeines

3.1 Rechtliche Vereinbarungen und Genehmigungsablauf

Nationale Vorschriften sind einzuhalten. Das durchführende Unternehmen bleibt auch nach der Zulassung des Fahrzeugs verantwortlich, wenn die zuständigen Stellen in Unkenntnis über die Betriebssicherheit des Produkts eine Zulassung erteilten.

3.1.1 Voraussetzungen

Das ausführende Unternehmen muss zusätzlich zu diesen Aufbaurichtlinien alle auf den Betrieb und Aufbau des Fahrzeugs anzuwendenden

- Gesetze und Verordnungen
- Unfallverhütungsvorschriften
- Betriebsanleitungen

beachten. Normen sind technische Standards, sie sind daher Mindestanforderungen. Wer nicht bemüht ist, diese Mindestanforderungen einzuhalten, handelt fahrlässig. Normen sind verbindlich, wenn sie Bestandteil von Vorschriften sind.

3.1.2 Betriebs- und Verkehrssicherheit

Um Betriebs- und Verkehrssicherheit herzustellen und Garantieansprüche aufrecht zu erhalten sind vom Aufbauhersteller die Hinweise in dieser Aufbaurichtlinie genau zu beachten. Für Nichteinhaltung übernimmt MAN keine Haftung.
Vor Beginn von Auf- Um- oder Einbauarbeiten muss der Aufbauhersteller auch Kenntnis über die mit seinen Arbeiten zusammen hängenden Kapitel der Betriebsanleitung haben. Gefahren können sonst nicht erkannt werden und andere Personen können gefährdet werden.

Für die Zuverlässigkeit, Sicherheit und die Eignung kann MAN dann nicht haften, wenn:

- Aufbauten nicht nach diesen Aufbaurichtlinien gefertigt/aufgebaut werden
- Originalteile oder freigegebene Teile und Umbauten gegen andere Teile ausgetauscht werden
- Nicht genehmigte Änderungen am Fahrzeug vorgenommen werden.

Genehmigungen durch Dritte, z.B. Prüfstellen oder behördliche Genehmigungen schließen Sicherheitsrisiken nicht aus.

3.1.3 Auskünfte

Auskünfte von MAN auf telefonische Anfragen sind unverbindlich, es sei denn, sie werden schriftlich bestätigt. Anfragen sind an die jeweils zuständige Abteilung der MAN zu richten. Angaben beziehen sich auf Einsatzverhältnisse wie sie in Europa üblich sind. Besondere Berücksichtigung finden die in Deutschland gültigen Vorschriften, wie z.B. die Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung. Davon abweichende Maße, Gewichte und andere Basiswerte müssen bei der Aufbauauslegung, Aufbaubefestigung und Hilfsrahmengestaltung berücksichtigt werden. Die durchführende Firma muss dafür sorgen, dass das Gesamtfahrzeug den zu erwartenden Einsatzverhältnissen standhält. Für gewisse Aggregate, wie z.B. Ladekräne, Ladebordwände, Seilwinden ect. haben die jeweiligen Hersteller eigene Aufbauvorschriften ausgearbeitet. Sofern sie im Vergleich zu den MAN-Aufbaurichtlinien weitere Auflagen vorschreiben, sind auch diese einzuhalten.

Hinweise auf

- gesetzliche Bestimmungen
- Unfallverhütungsvorschriften
- Verordnungen der Berufsgenossenschaften
- Arbeitsvorschriften
- sonstige Richtlinien und Quellenangaben

sind keineswegs vollständig und lediglich als Informationsanregung gedacht. Sie ersetzen nicht die eigene Prüfpflicht des Unternehmens.

Von der jeweiligen Berufsgenossenschaft oder über die Carl-Heymanns-Verlag KG sind erhältlich:

- Unfallverhütungsvorschriften
- Richtlinien
- Sicherheitsregeln
- Merkblätter
- andere berufsgenossenschaftliche Schriften für Arbeitssicherheit und Arbeitsmedizin.

Diese Schriften gibt es als Einzelschriften und als Verzeichnisse.

Durch Fahrzeugänderungen, durch den Aufbau und seine Gestaltung sowie durch den Betrieb von Aggregaten mittels Fahrzeugmotor wird der Kraftstoffverbrauch erheblich beeinflusst. Es wird daher erwartet, dass die durchführende Firma ihre Konstruktion so gestaltet, dass ein möglichst niedriger Kraftstoffverbrauch erreicht wird.

3.2 Verantwortung

Die Verantwortung für eine fachgerechte

- Konstruktion
- Produktion
- Montage von Aufbauten
- Änderung von Fahrgestellen

hat immer und in vollem Umfang das Unternehmen, welches den Aufbau herstellt, montiert oder die Änderung ausführt (Produzentenhaftung). Dies gilt auch dann, wenn MAN den Aufbau oder die Änderung ausdrücklich genehmigt hat.
Von MAN schriftlich genehmigte Aufbauten/ Umbauten entbinden den Aufbauhersteller nicht von seiner Produktverantwortung.
Erkennt das durchführende Unternehmen bereits im Planungsstadium oder in den Absichten des

- Kunden
- Anwenders
- eigenen Personals
- Fahrzeugherstellers

einen Fehler, so ist der Betroffene auf seinen Fehler aufmerksam zu machen.
Das Unternehmen ist dafür verantwortlich, dass die

- Betriebssicherheit
- Verkehrssicherheit
- Wartungsmöglichkeit
- Fahreigenschaften

des Fahrzeugs keine nachteiligen Eigenschaften aufweisen.
Im Hinblick auf die Verkehrssicherheit muss sich das Unternehmen bei

- Konstruktion
- Produktion von Aufbauten
- Montage von Aufbauten
- Änderung von Fahrgestellen
- Instruktionen
- Betriebsanleitungen

nach dem neuesten Stand der Technik und nach den anerkannten Regeln des Fachs richten.
Erschwerte Einsatzverhältnisse sind zusätzlich zu berücksichtigen.

3.3 Qualitätssicherung

Zur Erfüllung der hohen Qualitätserwartungen unserer Kunden und unter dem Gesichtspunkt der internationalen Produkthaftungsgesetzgebung ist eine laufende Qualitätsüberwachung auch bei der Durchführung von Umbauten und der Herstellung/ Montage von Aufbauten erforderlich. Dies setzt ein funktionierendes Qualitätssicherungssystem voraus.
Dem Aufbauhersteller wird empfohlen, ein den allgemeinen Anforderungen und anerkannten Regeln entsprechendes Qualitätsmanagement-System (z.B. nach DIN EN ISO 9000 ff oder VDA 8) einzurichten und nachzuweisen.
Ein Nachweis zur Qualifizierung kann z.B. auch gegeben sein durch:

- eine erteilte Selbstauskunft nach VDA-Checkliste oder der eines anderen Fahrzeugherstellers
- positiv durchgeführte Systemaudits anderer Fahrzeughersteller (second-party-audit)
- Auditierung des QM-Systems von einer akkreditierten Institution (third-party-audit)
- Vorliegen eines entsprechenden Zertifikats.

Ist MAN der Auftraggeber des Aufbaus oder der Änderung wird einer der o.a. Qualifizierungsnachweise verlangt.
MAN Truck & Bus AG behält sich vor, beim Lieferanten ein eigenes Systemaudit nach VDA 8 oder entsprechende Prozessablaufuntersuchungen durchzuführen. Für die Freigabe von Aufbauherstellern als Lieferanten ist bei MAN die Qualitätssicherung, Abteilung QS zuständig.
Der VDA-Band 8 ist mit den Aufbauherstellerverbänden **ZKF** (Zentralverband Karosserie- und Fahrzeugtechnik) und **BVM** (Bundesverband Metall Vereinigung Deutscher Metallhandwerke) sowie mit dem **ZDH** (Zentralverband des Deutschen Handwerks) abgestimmt.

Schriften:
VDA Band 8
Mindestanforderungen an ein Managementsystem bei Anhänger- und Aufbautenhersteller,
sind beim Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA), http://www.vda-qmc.de/de/index.php erhältlich.

3.4 Genehmigung

Eine Genehmigung für einen Aufbau oder eine Fahrgestelländerung durch MAN ist nicht erforderlich, wenn die Aufbauten oder Änderungen nach diesen Aufbaurichtlinien durchgeführt werden.

Genehmigt MAN einen Aufbau oder eine Fahrgestelländerung, so bezieht sich diese Genehmigung

- bei Aufbauten nur auf die grundsätzliche Verträglichkeit mit dem jeweiligen Fahrgestell und den Schnittstellen zum Aufbau (z.B. Dimensionierung und Befestigung des Hilfsrahmens)
- bei Fahrgestelländerungen nur auf die grundsätzliche konstruktive Zulässigkeit für das betroffene Fahrgestell.

Der Genehmigungsvermerk, den MAN auf den vorgelegten technischen Unterlagen einträgt, umfasst nicht die Überprüfung der

- Funktion
- Konstruktion
- Ausstattung des Aufbaus oder der Änderung.

Die Einhaltung dieser Aufbaurichtlinien befreit den Anwender nicht von seiner Verantwortung für eine technisch einwandfreie Aufbau- oder Änderungsausführung. Der Genehmigungsvermerk betrifft nur solche Maßnahmen oder Teile, die aus den vorgelegten technischen Unterlagen zu entnehmen sind.

MAN behält sich vor, die Erteilung von Aufbau- oder Änderungsgenehmigungen abzulehnen, auch wenn früher bereits eine vergleichbare Genehmigung erteilt wurde. Der technische Fortschritt lässt eine Gleichbehandlung nicht ohne weiteres zu.

MAN behält sich weiterhin vor, diese Aufbaurichtlinien jederzeit zu ändern oder für einzelne Fahrgestelle von diesen Aufbaurichtlinien abweichende Anleitungen zu erteilen.

Haben mehrere gleiche Fahrgestelle gleiche Aufbauten oder Änderungen, so kann MAN zur Vereinfachung eine Sammelgenehmigung erteilen.

3.5 Vorlage der Unterlagen

Unterlagen sind nur dann an MAN zu senden, wenn Auf-/ Umbauten von diesen Aufbaurichtlinien abweichen.
Vor Beginn der Arbeiten am Fahrzeug sind genehmigungs- und prüffähige technische Unterlagen an MAN, Abt. ESC zu senden (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“). Fahrgestellzeichnungen, Datenblätter usw. können ebenfalls bei dieser Anschrift angefordert werden.

Ein zügiger Genehmigungsablauf erfordert:

- mindestens zweifache Ausfertigung der Unterlagen
- möglichst geringe Anzahl der Schriftstücke
- vollständige technische Angaben und Unterlagen.

Folgende Angaben sollen enthalten sein:

- Fahrzeugtyp mit
  - Fahrerhausausführung
  - Radstand
  - Rahmenüberhang
  - hintere Überhanglänge (Fahrzeugüberhang)
- Fahrzeugidentifizierungsnummer
- Fahrzeugnummer (siehe 2.2)
- Maß von Aufbaumitte bis Mitte letzter Achse
- Schwerpunktlage von Nutzlast und Aufbau
- Aufbauabmessungen
- Werkstoff und Dimension des verwendeten Hilfsrahmens
- Aufbaubefestigung am Fahrgestellrahmen
- Beschreibung der Abweichungen von den „MAN-Aufbaurichtlinien Lkw“
- evtl. Hinweise auf gleiche oder ähnliche Fahrzeuge

Nicht prüf- und genehmigungsfähig sind:

- Stücklisten
- Prospekte
- unverbindliche Informationen
- Fotos.

Einige Aufbauarten, wie z.B. Ladekran, Seilwinde usw., erfordern besondere und für ihre Eigenart typische Angaben.

In den eingereichten Unterlagen sind alle wichtigen Längenmaße sinngemäß auf die Radmitte der ersten Achse zu beziehen.

Zeichnungen haben ihren Aussagewert nur unter der ihnen zugeteilten Nummer. Es ist deshalb nicht zulässig, in den von MAN zur Verfügung gestellten Fahrgestellzeichnungen die Aufbauten oder Änderungen einzuzeichnen und zur Genehmigung vorzulegen.

3.6 Gewährleistung

Gewährleistungsansprüche bestehen nur im Rahmen des Kaufvertrages zwischen Käufer und Verkäufer.
Danach obliegt die Gewährleistungsverpflichtung dem jeweiligen Verkäufer des Liefergegenstandes.

Gewährleistungsansprüche gegen MAN bestehen nicht, wenn der beanstandete Fehler darauf beruht, dass

- diese Aufbaurichtlinien nicht eingehalten wurden
- im Hinblick auf den Einsatzzweck des Fahrzeugs ein ungeeignetes Fahrgestell gewählt wurde
- der Schaden am Fahrgestell herbeigeführt wurde durch
  - den Aufbau
  - Art/ Durchführung der Aufbaumontage
  - die Fahrgestelländerung
  - unsachgemäße Bedienung.

3.7 Haftung

Von MAN festgestellte Arbeitsfehler sind zu berichtigen. Soweit dies gesetzlich zulässig ist, wird jede Haftung von MAN, insbesondere für Folgeschäden, ausgeschlossen.

Die Produkthaftung regelt:

- die Haftung des Herstellers für sein Produkt oder Teilprodukt
- den Ausgleichsanspruch des in Anspruch genommenen Herstellers gegen den Hersteller eines integrierten Teilprodukts, wenn der aufgetretene Schaden auf einem Fehler des Teilproduktes beruht

Das Unternehmen, welches den Aufbau oder die Fahrgestelländerung ausführt, hat MAN von jeder etwaigen Haftung gegenüber ihrem Kunden oder sonstigen Dritten freizustellen, sofern ein eingetretener Schaden darauf beruht, dass

- das Unternehmen diese Aufbaurichtlinien nicht eingehalten hat,
- der Aufbau oder die Fahrgestelländerung Schäden durch fehlerhafte
  - Konstruktion
  - Herstellung
  - Montage
  - Instruktion

  verursacht haben
- in sonstiger Weise den niedergelegten Grundsätzen nicht entsprochen wurde.

3.8 Typprüfung

Jedes in Deutschland in den Verkehr kommende Fahrzeug muss amtlich zugelassen sein.
Die Zulassung erfolgt durch die örtliche Zulassungsstelle nach Vorlage des Fahrzeugbriefs.

EBE-Abnahme: (EBE = Einzel-Betriebserlaubnis)

Die Fahrzeugbrieferstellung wird von einem technischen Dienst (DEKRA, TÜA, TÜV) nach Begutachtung des Fahrzeugs durchgeführt.

ABE-Abnahme für Komplettfahrzeuge: (ABE = Allgemeine Betriebserlaubnis)

Die Fahrzeugbrieferstellung wird vom Fahrzeughersteller durchgeführt.

ABE-Abnahme für Fahrgestelle: (ABE = Allgemeine Betriebserlaubnis)

Die Fahrzeugbrieferstellung wird vom Fahrgestellhersteller durchgeführt, die Komplettierung des Fahrzeugbriefs erfolgt nach Aufbauabnahme durch einen technischen Dienst (DEKRA, TÜA, TÜV).

Für Fahrzeuge zum Transport gefährlicher Güter ist nach GGVS oder ADR eine zusätzliche Abnahme vorgeschrieben.

Änderungen, welche die Betriebserlaubnis berühren, dürfen nur von der zuständigen amtlichen Stelle nachgetragen werden.
Das Erlöschen der Betriebserlaubnis bedeutet auch das Erlöschen des Versicherungsschutzes.

Auf Verlangen der zuständigen Behörden, des amtlich anerkannten Sachverständigen, des Kunden oder der MAN-Fachabteilungen ist eine mit MAN-Genehmigungsvermerk versehene Zeichnung vorzuweisen, u.U. genügt ein rechnerischer Nachweis oder die Vorlage dieser Aufbaurichtlinien.

3.9 Sicherheit

Die am Fahrgestell/ Fahrzeug tätigen Unternehmen sind haftbar für Schäden, die auf mangelhafte Funktions- und Betriebssicherheit oder mangelhafte Betriebsanleitungen zurückzuführen sind. MAN verlangt daher vom Aufbauhersteller bzw. Fahrzeugumbauer:

- höchstmögliche Sicherheit entsprechend dem Stand der Technik
- verständliche und ausreichende Betriebsanleitungen
- gut sichtbare und dauerhaft angebrachte Hinweisschilder auf Gefahrenpunkte für Bediener und/ oder dritte Personen
- Einhaltung erforderlicher Schutzmaßnahmen (z.B. Brand- und Explosionsschutz)
- vollständige Angaben zur Toxikologie
- vollständige Angaben zur Ökologie.

3.9.1 Funktions- und Betriebssicherheit

Die Sicherheit hat Vorrang! Alle technischen Möglichkeiten zur Vermeidung von Betriebsunsicherheiten sind auszunützen.
Dies gilt gleichermaßen für die

- aktive Sicherheit = Verhinderung von Unfällen. Hierzu zählen:
  - Fahrsicherheit
    als Ergebnis der Gesamtfahrzeugkonzeption mit Aufbau
  - Konditionssicherheit
    als Folge einer möglichst geringen körperlichen Belastung der Insassen durch Schwingungen, Geräusche, klimatische Einflüsse usw.
  - Wahrnehmungssicherheit
    vor allem die richtige Gestaltung von Beleuchtungseinrichtungen, Warneinrichtungen, ausreichende direkte Sicht, ausreichende indirekte Sicht
  - Bedienungssicherheit
    hierzu zählt die optimale Bedienbarkeit aller Einrichtungen, auch die des Aufbaus
- passive Sicherheit = Vermeidung und Verminderung von Unfallfolgen. Hierzu zählen:
  - Äußere Sicherheit
    wie z.B. Gestaltung des Fahrzeug- und Aufbauaußenbereichs hinsichtlich Deformationsverhalten, Montage von Schutzeinrichtungen
  - Innere Sicherheit
    umfasst den Schutz der Insassen von Fahrzeugen, aber auch Kabinen, die von Aufbaufirmen montiert werden.

Klima und Umweltbedingungen haben Auswirkungen auf:

- Betriebssicherheit
- Einsatzbereitschaft
- Betriebsverhalten
- Lebensdauer
- Wirtschaftlichkeit.

Klima- und Umwelteinflüsse sind z.B.

- Temperatureinflüsse
- Feuchtigkeit
- aggressive Stoffe
- Sand und Staub
- Strahlung.

Die ausreichende Freigängigkeit aller für einen Bewegungsvorgang dienenden Teile, dazu zählen auch alle Leitungen, muss gewährleistet sein.

Die Betriebsanleitungen der MAN-Lkw geben Auskunft über die Wartungsstellen am Fahrzeug. Unabhängig von der Aufbauart ist in allen Fällen auf eine gute Zugänglichkeit der Wartungsstellen zu achten. Die Wartung muss ohne Ausbau irgendwelcher Teile ungehindert erfolgen können. Für ausreichende Belüftung und/ oder Kühlung der Aggregate ist zu sorgen.

3.9.2 Anleitungen für MAN-Lkw

Zu jedem MAN-Lkw gehören:

- Betriebsanleitung
- Einlegeteile als Bestandteil der Betriebsanleitung
- Wartungsempfehlungen
- Wartungsheft
- Wartungsanleitungen (gegen Schutzgebühr über den Ersatzteildienst zu beziehen).

Betriebsanleitungen

vermitteln den Fahrern und Fahrzeughaltern alles Wissenswerte darüber, wie Fahrzeuge bedient und betriebsbereit gehalten werden. Es sind auch für Fahrer/ Fahrzeughalter wichtige Sicherheitshinweise enthalten.

Einlegeblätter

geben die technischen Daten eines ganz bestimmten Fahrzeugtyps oder mehrerer sehr ähnlicher Fahrzeugtypen an und ergänzen so die Betriebsanleitungen. Für technische Neuerungen und Änderungen an bestimmten Fahrzeugen werden ebenfalls Einlegeblätter herausgegeben, wenn die Betriebsanleitung selbst noch nicht überarbeitet ist.

Wartungsempfehlungen

werden im gleichen Format wie die Betriebsanleitungen in DIN A5 quer herausgegeben. Sie beschreiben die Wartungssysteme und nennen Betriebsstoffspezifikationen, Aggregatefüllmengen und die namentlich zugelassenen Betriebsstoffe. Sie gehören als Ergänzung zu jeder Betriebs- und Wartungsanleitung. Die Broschüre „Wartungsempfehlungen“ erscheint ca. alle 6-12 Monate.

Wartungsanleitungen

nennen die Wartungsumfänge, die zur Wartung erforderlichen technischen Daten und beschreiben die einzelnen Arbeiten detailliert.

Sowohl Betriebs- als auch Wartungsanleitungen werden für „Fahrzeugfamilien“ erstellt. Das heißt, dass z.B. in der Betriebsanleitung „Frontlenker Schwere Reihe - F2000“ alle schweren Frontlenkerfahrzeuge, gleichgültig welche und wie viele Achsen oder welcher Motor, zusammengefasst sind. In Ausnahmefällen werden für Großkunden auch typenspezifische Betriebs- und Wartungsanleitungen erstellt.

Wartungsheft

gibt Auskunft über die notwendigen Wartungsdienste und enthält Felder zum Nachweis über termin- und fachgerecht durchgeführte Wartungsarbeiten.

3.9.3 Anleitungen von Auf- und Umbaufirmen

Der Betreiber des Fahrzeugs hat auch beim Aufbau oder bei Fahrzeugänderungen durch Umbaufirmen einen Anspruch auf eine Betriebsanleitung. Alle spezifischen Produktvorzüge sind nutzlos, wenn es dem Kunden nicht ermöglicht wird das Produkt

- sicher und funktionsgerecht zu handhaben
- rationell und mühelos zu nutzen
- fachgerecht instand zu halten
- souverän in allen Funktionen zu beherrschen.

Demzufolge hat auch jeder Fahrzeugaufbauer und -umbauer seine technischen Anleitungen zu überprüfen auf:

- Verständlichkeit
- Vollständigkeit
- Richtigkeit
- korrekte Nachvollziehbarkeit
- produktspezifische Sicherheitshinweise.

Eine mangelhafte oder nicht vollständige Betriebsanleitung hat erhebliche Risikofaktoren für den Anwender.
Mögliche Auswirkungen sind:

- Mindernutzen, weil Produktvorteile unerkannt bleiben
- Reklamationen und Ärger
- Ausfälle und Schäden, die meist dem Fahrgestell angelastet werden
- unerwartete und unnötige Mehrkosten durch Reparaturen und Zeitverlust
- ein negatives Image und damit geringe Neigung zu Folgekäufen.

Je nach Fahrzeugaufbau oder -änderung ist das Bedienungspersonal über die Bedienung und Wartung zu unterrichten.
Die Unterweisung muss auch die mögliche Beeinflussung des statischen und dynamischen Fahrzeugverhaltens beinhalten.

3.10 Haftungsbeschränkung für Zubehör/ Ersatzteile

Zubehör- und Ersatzteile, die MAN nicht hergestellt oder zur Verwendung in seinen Produkten nicht freigegeben hat, können die Verkehrs- und Betriebssicherheit des Fahrzeugs beeinträchtigen und Gefahrensituationen schaffen.
Die MAN Truck & Bus Aktiengesellschaft (bzw. der Verkäufer) übernimmt keine Haftung für Ansprüche gleich welcher Art, die ihren Grund in der Kombination des Fahrzeuges mit einem Zubehörteil eines anderen Herstellers haben, es sei denn, die MAN Truck & Bus Aktiengesellschaft (bzw. der Verkäufer) hat das Zubehörteil selbst vertrieben oder an dem Fahrzeug (bzw. dem Vertragsgegenstand) angebracht.

3.11 Ausnahmegenehmigungen

Auf schriftlichen Antrag kann MAN Ausnahmen von bestehenden technischen Vorgaben geben, soweit diese mit der Funktions-, Verkehrs- und Betriebssicherheit vereinbar sind. Diese Maßnahmen beziehen sich z.B. auf:

- die zulässigen Achslasten
- das zulässige Gesamtgewicht
- Änderungen von
  - eingebauten Teilen
  - nachträglicher Einbau von Aggregaten
  - Änderung von Abmessungen.

Eine von MAN erstellte Ausnahmegenehmigung ist für die zuständige Behörde nicht bindend. MAN hat keinen Einfluss auf die Erteilung von Ausnahmegenehmigungen durch die jeweilige Behörde. Liegt die betroffene Maßnahme außerhalb der StVZO, so ist vorher eine Ausnahmegenehmigung bei der zuständigen Landesregierung einzuholen.

Grundsätzlich muss jede Ausnahmegenehmigung vom amtlich anerkannten Sachverständigen (aaS.) geprüft und abgenommen, sowie von der zuständigen Zulassungsstelle in die Fahrzeugpapiere eingetragen werden. Wenn ein Teilegutachten nach §19/ 3 StVZO vorliegt, dann genügt die Bestätigung des ordnungsgemäßen Einbaus durch einen amtlich anerkannten Prüfer.

Die häufigsten Fälle zur Erlangung einer technischen Ausnahmegenehmigung sind:

- Umbereifung (siehe 3.12)
- Heraufsetzung der zulässigen Anhängelast (siehe 3.13)
- Heraufsetzung der zulässigen Vorderachslast (siehe 3.14)
- Heraufsetzung des zulässigen Gesamtgewichtes (siehe 3.15).

3.12 Umbereifung

Die Reifentragfähigkeit ist mitbestimmend für die zulässige Achslast. Ist die Reifentragfähigkeit geringer als die technisch oder gesetzlich zulässige Achslast des Lkw‘s, so vermindert sich die zulässige Achslast entsprechend. Umgekehrt erhöht sich die zulässige Achslast nicht, wenn Reifen mit einer höheren Tragfähigkeit als die serienmäßig zulässige Achslast montiert werden. Die auf den Reifen befindlichen Kennzeichnungen und die Reifenhandbücher der Hersteller geben Auskunft über die technischen Reifendaten. Deshalb ist Folgendes beachten:

- Tragfähigkeits-Kennzahl (Last-Index)
  - bei Einzelbereifung
  - bei Zwillingsbereifung
- Geschwindigkeits-Kennbuchstabe
- Reifenluftdruck
- bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs.

Reifen- und Felgengröße müssen zueinander passen. Die Zuordnung eines Reifens muss genehmigt sein:

- zu einer bestimmten Felge vom Reifen- und Felgenhersteller
- zu einem bestimmten Fahrzeug von MAN.

Eine schriftliche Genehmigung von MAN ist nur dann erforderlich, wenn in den Fahrzeugpapieren die vorgesehene Bereifung nicht aufgeführt ist.

Eine Änderung der Bereifung beeinflusst:

- Fahrmechanik
  - Fahrgeschwindigkeit
  - Zugkraft
  - Steigfähigkeit
  - Bremswerte
  - Kraftstoffverbrauch
- Fahrzeugmaße
  - Höhenmaße über Boden
  - Reifeneinfederung
  - Lenkeinschlagwinkel
  - Spurkreise
  - Wendekreis
  - Reifenfreigang
- Fahreigenschaften.

Die Referenzgeschwindigkeit eines Reifens darf nicht oder nur unter Einhaltung eines Tragfähigkeitsabschlages überschritten werden. Bei der Referenzgeschwindigkeit ist nicht die zulässige Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeuges maßgebend, sondern die bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit. Die bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit ist die aufgrund der Motordrehzahl und Gesamtübersetzung erreichbare Höchstgeschwindigkeit oder die aufgrund eines Höchstgeschwindigkeitsbegrenzers (HGB) erreichbare Höchstgeschwindigkeit.

Es gibt Reifen, die unabhängig von ihrer Tragfähigkeit oder der jeweiligen Belastung eine vorgegebene, bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit nicht überschreiten dürfen.

Aufgrund ihres besonderen Einsatzes können bestimmte Fahrzeuge, wie z.B. Feuerwehr- und Flugfeldtankfahrzeuge, eine höhere Tragfähigkeit erhalten (siehe Unterlagen der Reifen- und Felgenhersteller).

Unterschiedliche Reifengrößen zwischen Vorder- und Hinterachse(n) sind bei Allradfahrzeugen nur dann möglich, wenn die Reifenumfangsdifferenz der verwendeten Reifengrößen nicht mehr als 2% beträgt.
Die Hinweise im Kapitel ‚Aufbauten' in Bezug auf Gleitschutzketten, Tragfähigkeit und Freigängigkeit sind zu beachten.

Wird zwischen Vorder- und Hinterachse(n) auf verschiedene Reifengrößen umbereift, ist die Grundeinstellung der Scheinwerfer zu kontrollieren und ggf. zu ändern. Dies muss auch bei Fahrzeugen mit Leuchtweitenregulierung direkt am Scheinwerfer geschehen (siehe auch Kapitel ‚Elektrik', Leitungen', Abschnitt ‚Beleuchtungsanlage').

Bei Fahrzeugen, die mit Höchstgeschwindigkeitsbegrenzern (HGB) oder ABS und ASR ausgestattet sind, müssen diese Geräte nach erfolgter Umbereifung neu eingestellt werden. Dies kann ausschließlich mit dem Diagnosesystem MAN-CATS® erfolgen.
Folgende Angaben müssen vorliegen, wenn MAN eine Bestätigung für eine Umbereifung erstellen soll:

- MAN-Fahrzeugmodell
- Fahrzeugidentifizierungsnummer (siehe 2.2)
- Fahrzeugnummer (siehe 2.2)
- das Fahrzeug wird umbereift:
  - nur an der(n) Vorderachse(n)
  - nur an der(n) Hinterachse(n)
  - an allen Rädern
- gewünschte Reifengröße:
  - vorn
  - hinten
- gewünschte Felgengröße:
  - vorn
  - hinten
- gewünschte zulässige Achslast
  - vorne
  - hinten
- gewünschtes zulässiges Gesamtgewicht
- aktuelle zulässige Lasten
- zulässige Vorderachslast
- zulässige Hinterachslast
- zulässiges Gesamtgewicht
- aktuelle bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit.

3.13 Heraufsetzen der zulässigen Anhängelast

Wird eine höhere Anhängelast als die serienmäßige gewünscht, so kann MAN eine technische Unbedenklichkeitsbescheinigung ausstellen. Die maximale Anhängelast wird begrenzt durch:

- behördliche Vorschriften
- die eingebaute Anhängekupplung
- den Schlußquerträger
- die Mindestmotorleistung
- die Bremsanlage
- die Triebstrangauslegung (z.B. Getriebe, Achsübersetzung, Motorkühlung).

Serienmäßige Schlußquerträger für Anhängekupplungen sind in der Regel nicht für den Betrieb mit Starrdeichselanhängern/ Zentralachsanhängern) geeignet. Der Schlußquerträger lässt auch dann den Betrieb mit derartigen Anhängern nicht zu, wenn die angebaute Anhängekupplung aufgrund der zulässigen Stützlast dies ermöglichen würde. Stützlast und D-Wert allein sind nicht ausreichende Kriterien für die Auswahl des Schlußquerträgers. Um den geeigneten Schlußquerträger bestimmen zu können, befinden sich im Kapitel ‚Fahrgestelle ändern', Abschnitt ‚Verbindungseinrichtungen' zwei Tabellen, die die Zuordnung der Schlußquerträger zu den Fahrzeugen erlauben.

Wird ein Lkw als Zugmaschine eingesetzt, dann ist u.U. ein Umbau in eine Zugmaschine erforderlich.
Das umgebaute Fahrzeug muss dem Begriff „Zugmaschine" gerecht werden. Die jeweiligen Vorschriften definieren diesen Begriff. Soll MAN eine Bestätigung ausstellen, so müssen folgende Angaben vorliegen:

- MAN-Fahrzeugmodell
- Fahrzeugidentifizierungsnummer oder Fahrzeugnummer (siehe 2.2)
- zulässiges Gesamtgewicht
- vorgesehene Anhängekupplung
- gewünschte Anhängelast.

3.14 Heraufsetzen der zulässigen Achslast

Reicht die serienmäßig zulässige Achslast nicht aus, so kann bei manchen Fahrzeugen eine höhere zulässige Achslast zugestanden werden. Voraussetzung ist jedoch, dass das betreffende Fahrzeug auch die für die höhere Vorderachslast notwendigen Bauteile, wie z.B. Federn, Bereifung und Bremsausrüstung aufweist. Für eine Bestätigung müssen folgende Angaben vorliegen:

- MAN-Fahrzeugmodell
- Fahrzeugidentifizierungsnummer oder Fahrzeugnummer (siehe 2.2)
- zulässiges Gesamtgewicht
- zulässige Vorderachslast
- zulässige Hinterachslast
- bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit
- Bereifungs- und Felgengröße an allen Achsen
- gewünschte zulässige Lasten.

3.15 Heraufsetzen des zulässigen Gesamtgewichtes

Voraussetzung für ein höheres zulässiges Gesamtgewicht als das serienmäßige ist, dass die hierfür notwendigen Bauteile eingebaut sind. Geht das höhere zulässige Gesamtgewicht über das gesetzlich zulässige hinaus, so gesteht der Gesetzgeber in Deutschland in der Regel nur dann höhere zulässige Gewichte zu, wenn unteilbare Ladegüter transportiert werden.
Ein gesetzlicher Anspruch auf die behördliche Ausnahme besteht nicht.

Hinsichtlich der technischen Möglichkeit der Gesamtgewichtserhöhung ist Rücksprache mit MAN, Abt. ESC zu halten (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“).
Für die Ausstellung einer Bestätigungsanforderung sind folgende Daten notwendig:

- MAN-Fahrzeugmodell
- Fahrzeugidentifizierungsnummer oder Fahrzeugnummer (siehe 2.2)
- zulässiges Gesamtgewicht
- zulässige Vorderachslast
- zulässige Hinterachslast
- Höchstgeschwindigkeit
- aktuelle Bereifungsgröße vorne und hinten
- aktuelle Felgengröße vorne und hinten

3.16 Herabsetzen des zulässigen Gesamtgewichtes

Wird das zulässige Gesamtgewicht herabgesetzt, so schreibt MAN keine technischen Änderungen vor. Der jeweils durchführende bestimmt die neuen zulässigen Achslasten. Ob technische Änderungen erforderlich sind, wird von den jeweiligen Behörden festgelegt.

3.17 Begriffe, Maße und Gewichte

Nationale und internationale Vorschriften gelten vor technisch zulässigen Maßen und Gewichten, wenn sie die technisch zulässigen Maße und Gewichte einschränken. Aus den Angebots- und den tagesaktuellen MANTED®-Unterlagen sind:

- Maße
- Gewichte
- Schwerpunktlage für Nutzlast und Aufbau (minimale und maximale Aufbaulage)

für das serienmäßige Fahrzeug zu entnehmen. Die dort genannten Daten können sich je nach technischem Lieferumfang des Fahrzeugs ändern. Maßgebend ist der tatsächliche Bau- und Lieferzustand des Fahrzeugs.
Um optimale Nutzlastverhältnisse zu erzielen, ist grundsätzlich eine Verwiegung des angelieferten Fahrgestells vor Aufbaubeginn erforderlich. Durch Nachrechnung kann die günstigste Schwerpunktlage für Nutzlast und Aufbau und die optimale Aufbaulänge ermittelt werden. Bedingt durch Fertigungstoleranzen sind Gewichtsabweichungen des serienmäßigen Fahrgestelles von ±5 % laut DIN 70020 zulässig. Alle Abweichungen von der serienmäßigen Ausstattung machen sich mehr oder weniger maßlich und gewichtsmäßig bemerkbar. Zulässige Toleranzen werden von MAN in Anspruch genommen. Maß- und Gewichtsabweichungen sind durch eine geänderte Ausstattung möglich, besonders dann, wenn eine Umbereifung vorgenommen wird, die gleichzeitig eine Änderung der zulässigen Lasten zur Folge hat. Maßabweichungen von der Serie, wie z.B. Verändern des Nutzlastschwerpunktes, können die Achslasten und die Nutzlast beeinflussen.

Bei jedem Aufbaufall ist zu beachten, dass

- die zulässigen Achslasten in keinem Fall überschritten werden (siehe 3.17.1)
- eine ausreichende Mindestvorderachslast erreicht wird (siehe 3.18)
- eine einseitige Schwerpunktlage und Belastung nicht zustande kommen darf (siehe 3.17.1)
- die zulässige Überhanglänge (Fahrzeugüberhang) nicht überschritten wird (siehe 3.19).

3.17.1 Achsüberlastung, einseitige Beladung

Bild 1: Überlastung der Vorderachse ESC-052

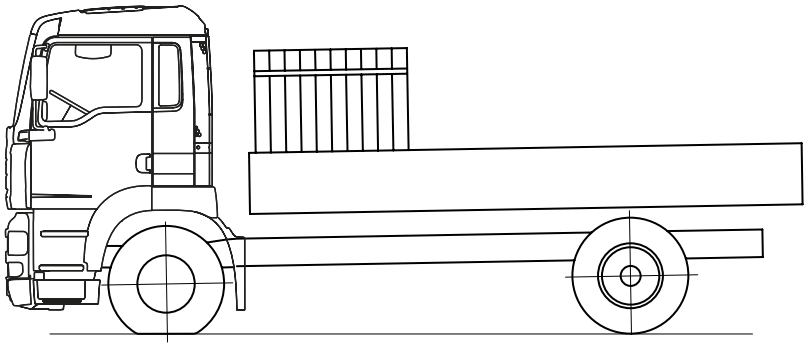


Bild 2: Einseitige Beladung ESC-054

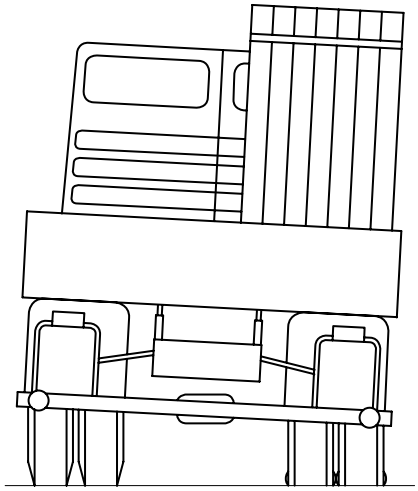
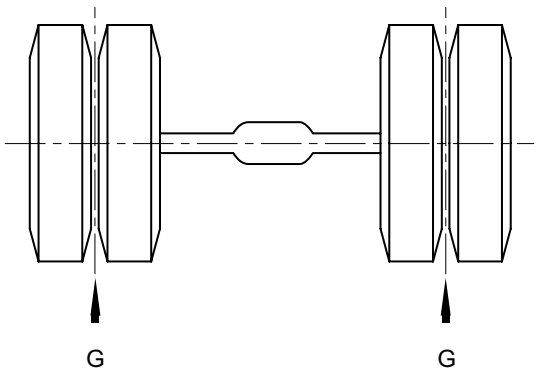


Bild 3: Radlastdifferenz ESC-126



Formel 1: Radlastdifferenz

$$\Delta G \leq 0{,}04 \cdot G_{tat}$$

In der Aufbauprojektierung dürfen einseitige Radlasten nicht vorkommen. Bei Nachprüfungen sind max. 4% Radlastdifferenz zulässig. Dabei ist 100% die tatsächliche Achslast und nicht die zulässige Achslast.

Beispiel:

Tatsächlich vorhandene Achslast G_{tat} = 11.000 kg

Somit zulässige Radlastdifferenz:

$$\Delta G = 0{,}04 \cdot G_{tat} = 0{,}04 \cdot 11.000 \text{ kg}$$
$$\Delta G = 440 \text{ kg}$$

Somit z.B. 5.720 kg Radlast links und 5.280 kg Radlast rechts.
Die ermittelte maximale Radlast gibt keine Auskunft über die zulässige Einzelradlast der jeweiligen Bereifung.
Hierzu geben die technischen Handbücher der Reifenhersteller entsprechende Informationen.

3.18 Mindestvorderachslast

Zur Erhaltung der Lenkfähigkeit muss in jedem Beladungszustand des Fahrzeugs die Vorderachse eine vorgegebene Mindestbelastung gemäß Tabelle 19 aufweisen.

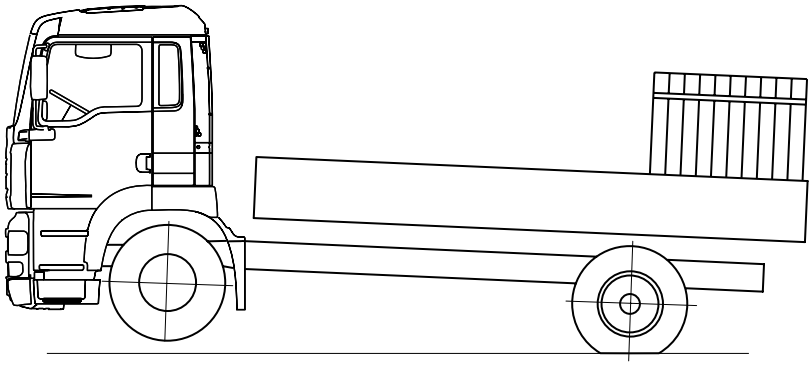
Tabelle 19: Mindestbelastung der Vorderachse(n) in jedem Beladungszustand in % des jeweiligen tatsächlichen Fahrzeuggewichts

SDAH = Starrdeichselanhänger ZAA = Zentralachsanhänger GG = Gesamtgewicht (Fahrzeug/Anhänger)							
Baureihe Achszahl	Radformel	Lkw GG [t]	ohne SDAH ZAA	mit SDAH ZAA GG ≤ 11 t	mit SDAH ZAA GG ≤ 18 t	Tridem SDAH ZAA GG > 18 t	sonstige Hecklast z.B. Kran
alle Zweiachser	4x2, 4x4 4x2, 4x4 4x2, 4x4	≤ 10 ≤ 15 > 15	**25%** **25%** **25%**	**30%** **30%** **25%**	**35%** **30%** **25%**	**nicht zul.** **nicht zul.** **30% nur TGA und F2000**	**30%** **30%** **30%**
mehr als zwei Achsen	6x2, 6x4, 6x6 8x4, 8x2 8x6, 8x8	> 19	**20%***	**25%***	**25%***	**30%**	**25%**
Bei mehr als einer Vorderachse versteht sich der %-Wert als Summe der Vorderachslasten. Bei Betrieb mit SDAH / ZAA + weiteren Hecklasten (z.B. Ladebordwand, Kran) gilt der höhere Wert. *= -2% bei gelenkten Vor-/Nachlaufachsen							

Da sich die Werte auf das Fahrzeuggesamtgewicht beziehen, gelten sie einschließlich etwaiger zusätzlicher Hecklasten wie etwa:

- Stützlasten durch Zentralachsanhänger
- Ladekran am Fahrzeugheck
- Ladebordwände
- transportable Gabelstapler.

Bild 4: Mindestbelastung der Vorderachse ESC-051



3.19 Zulässige Überhanglänge

Unter der theoretischen Überhanglänge (Fahrzeugüberhang einschließlich Aufbau) ist das Maß von der resultierenden Hinterachsmitte (bestimmt durch den theoretischen Radstand) bis zum Fahrzeugende zu verstehen, Definition siehe Bilder im folgenden Abschnitt 3.20. Ausgedrückt in Prozent des theoretischen Radstands sind folgende Maximalwerte zulässig:

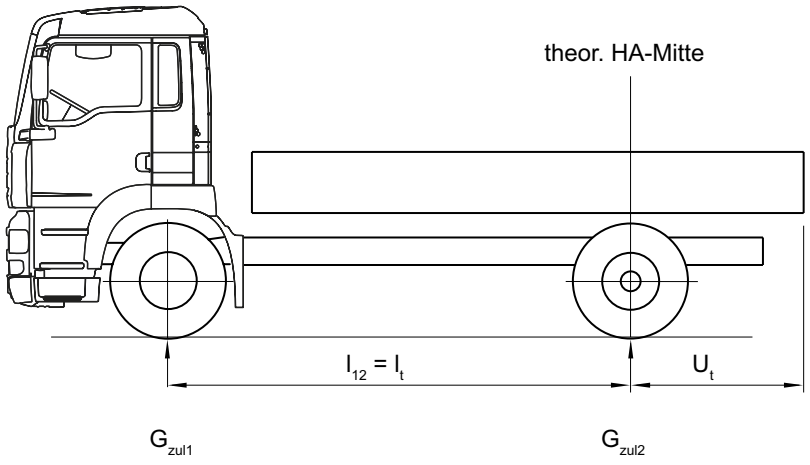
- Zweiachsige Fahrzeuge 65%
- alle anderen Fahrzeuge 70%.

Ohne Ausrüstung zum Ziehen eines Anhängers können die o.a. Werte um 5% überschritten werden. Grundvoraussetzung ist, dass die in Abschnitt 3.18 in der Tabelle 19 angegebenen Mindestvorderachslasten in jedem Betriebszustand eingehalten werden.

3.20 Theoretischer Radstand, Überhang, theoretische Achsmitte

Der theoretische Radstand ist eine Hilfsgröße zur Ermittlung der Schwerpunktlage und der Achslasten.
Die Definition erfolgt in den folgenden Bildern. Achtung: Der kurvenwirksame Radstand zur Berechnung von Spurkreisen ist nicht in jedem Fall identisch mit dem theoretischen Radstand, der für Gewichtsberechnungen benötigt wird.

Bild 5: Theoretischer Radstand und Überhang Zweiachser ESC-046



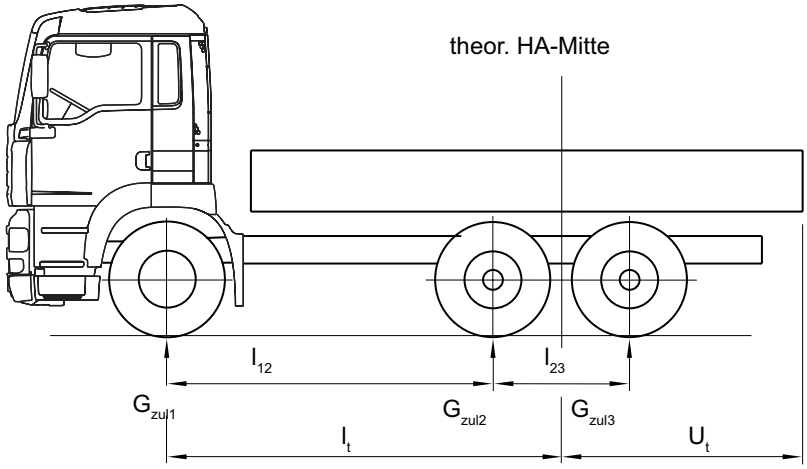
Formel 2: Theoretischer Radstand Zweiachser

$l_t = l_{12}$

Formel 3: Zulässige Überhanglänge Zweiachser

$U_t \leq 0{,}65 \bullet l_t$

Bild 6: Theoretischer Radstand und Überhang Dreiachser mit zwei Hinterachsen bei gleichen Hinterachslasten ESC-047



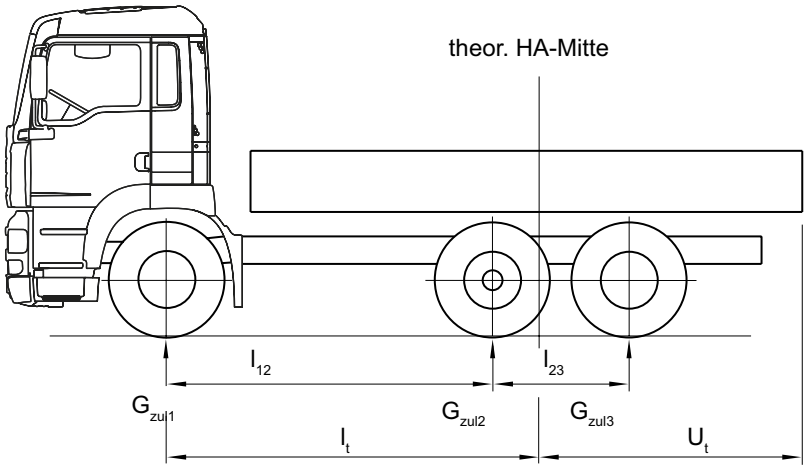
Formel 4: Theoretischer Radstand Dreiachser mit zwei Hinterachsen bei gleichen Hinterachslasten

$l_t = l_{12} + 0{,}5 \bullet l_{23}$

Formel 5: Zulässige Überhanglänge Dreiachser mit zwei Hinterachsen bei gleichen Hinterachslasten

$U_t \leq 0{,}70 \bullet l_t$

Bild 7: Theoretischer Radstand und Überhang Dreiachser mit zwei Hinterachsen bei ungleichen Hinterachslasten (im MAN-Fahrzeugprogramm z.B. alle 6x2/2, 6x2-2, 6x2/4 und 6x2-4) ESC-048



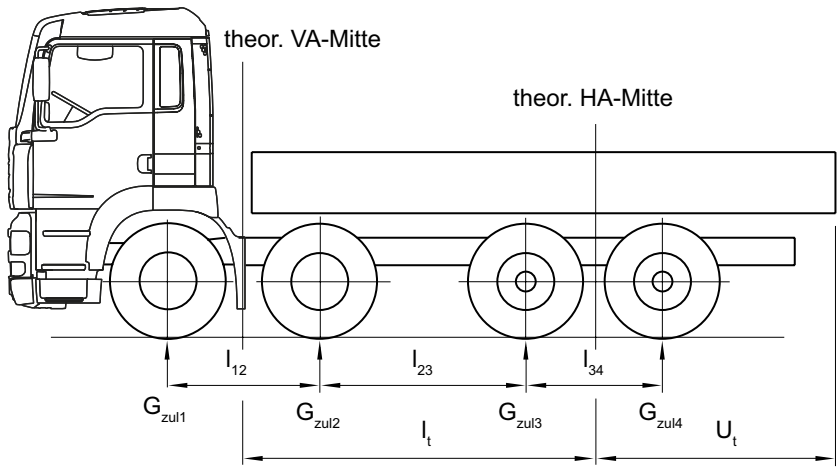
Formel 6: Theoretischer Radstand Dreiachser mit zwei Hinterachsen bei ungleichen Hinterachslasten

$$l_t = l_{12} + \frac{G_{zul3} \bullet l_{23}}{G_{zul2} + G_{zul3}}$$

Formel 7: Zulässige Überhanglänge Dreiachser mit zwei Hinterachsen bei ungleichen Hinterachslasten

$$U_t \leq = 0{,}70 \bullet l_t$$

Bild 8: Theoretischer Radstand und Überhang Vierachser mit zwei Vorder- und zwei Hinterachsen (beliebige Achslastverteilung) ESC-050



Formel 8: Theoretischer Radstand Vierachser mit zwei Vorder- und zwei Hinterachsen (beliebige Achslastverteilung)

$$l_t = l_{23} + \frac{G_{zul1} \cdot l_{12}}{G_{zul1} + G_{zul2}} + \frac{G_{zul4} \cdot l_{34}}{G_{zul3} + G_{zul4}}$$

Formel 9: Zulässige Überhanglänge Vierachser mit zwei Vorder- und zwei Hinterachsen

$$U_t \leq 0{,}70 \cdot l_t$$

3.21 Achslastberechnung und Wiegevorgang

Für die richtige Aufbauauslegung ist die Erstellung einer Achslastberechnung unerlässlich. Die optimale Abstimmung des Aufbaus auf den Lkw ist nur dann möglich, wenn vor Beginn aller Aufbauarbeiten das Fahrzeug verwogen wird, und die gewogenen Gewichte in einer Achslastberechnung berücksichtigt werden. Die angegebenen Gewichte in den Verkaufsunterlagen berücksichtigen nur den Serienzustand eines Fahrzeuges, Bautoleranzen können auftreten, siehe Punkt 3.17 ‚Begriffe, Maße und Gewichte'.

Das Fahrzeug ist zu verwiegen:

- ohne Fahrer
- mit vollem Kraftstoffbehälter
- mit gelöster Feststellbremse, Fahrzeug mit Unterlegkeilen sichern
- bei Luftfederung Fahrzeug in normale Fahrstellung anheben
- liftbare Achsen absenken
- Anfahrhilfen nicht betätigen.

Beim Wiegen folgende Reihenfolge einhalten:

- Zweiachser
  - 1. Achse
  - 2. Achse
  - zur Kontrolle das gesamte Fahrzeug
- Dreiachser mit zwei Hinterachsen
  - 1. Achse
  - 2. mit 3. Achse
  - zur Kontrolle das gesamte Fahrzeug
- Vierachser mit zwei Vorder- und zwei Hinterachsen
  - 1. mit 2. Achse
  - 3. mit 4. Achse
  - zur Kontrolle das gesamte Fahrzeug.

3.22 Verwiegen von Nachlaufachs-Fahrzeugen

In den Verkaufs- und MANTED®-Unterlagen angegebene Gewichte von Nachlaufachs-Fahrzeugen sind bei abgesenkter Nachlaufachse ermittelt worden. Die Verteilung der Achslasten auf Vorder- und Antriebsachse nach Anheben der Nachlaufachse ist entweder durch Wiegen oder Rechnen zu ermitteln. Ein Berechnungsbeispiel ist im Kapitel ‚Berechnungen' zu finden.

4. Fahrgestelle ändern

Um das vom Kunden gewünschte Produkt darstellen zu können sind u.U. zusätzliche Komponenten ein-, an- oder umzubauen. Wegen der Baugleichheit und Wartung empfehlen wir die Verwendung von Original-MAN-Komponenten, sofern dies mit der konstruktiven Auslegung vereinbar ist. Zuständig für die Beratung hinsichtlich Einbaukomponenten ist Abteilung VE, nähere Angaben hierzu siehe Kapitel ‚Allgemeines'.

Um den Wartungsaufwand möglichst gering zu halten, empfehlen wir die Verwendung von solchen Komponenten, die gleiche Wartungsintervalle aufweisen wie das MAN-Fahrgestell. Gegebenenfalls ist vom Komponentenhersteller über die Angleichung der Wartungsintervalle Auskunft und Einverständnis einzuholen.

4.1 Sicherheit am Arbeitsplatz

Unfallverhütungsvorschriften sind zu beachten, insbesondere:

- Gesundheitsschädliche Gase/ Dämpfe wie z.B. Motorabgase, beim Schweißen frei werdende Schadstoffe, Dämpfe von Reinigungs- und Lösungsmittel nicht einatmen, mit geeigneten Vorrichtungen absaugen.
- Fahrzeuge gegen Wegrollen sichern.
- Aggregate beim Ausbauen absichern.
- Besondere Behandlungsvorschriften für Fahrzeuge mit Erdgasmotor beachten, siehe 4.14 ‚Gasmotor' in diesem Kapitel.

4.2 Korrosionsschutz

Der Oberflächen- und Korrosionsschutz beeinflusst Lebensdauer und Aussehen des Produkts.
Die Beschichtungsqualität von Aufbauten sollte daher generell dem Niveau des Fahrgestells entsprechen.

Zur Sicherstellung dieser Forderung ist für Aufbauten, die von MAN in Auftrag gegeben werden, die **MAN-Werknorm M 3297 „Korrosionsschutz und Beschichtungssysteme für Fremdaufbauten"** verbindlich anzuwenden. Beauftragt der Kunde den Aufbau, gilt sie als Empfehlung, wobei die Nichteinhaltung die Gewährleistung durch MAN für die Folgen ausschließt. Bezugsmöglichkeit für MAN-Werknormen besteht über Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber").

MAN-Fahrgestelle werden in der Serienproduktion mit umweltfreundlichem 2K-Chassisdecklack auf Wasserbasis bei Trocknungstemperaturen bis ca. 80°C beschichtet. Zur Gewährleistung einer gleichwertigen Beschichtung wird bei allen Metallbaugruppen des Aufbaus und des Hilfsrahmens sowie nach Rahmenänderungen am Fahrgestell folgender Beschichtungsaufbau vorausgesetzt:

- metallisch blanke bzw. gestrahlte (SA 2,5) Bauteiloberfläche
- Grundierung: 2K-EP-Haftgrund, zugelassen nach MAN-Werknorm M 3162-C oder - falls möglich - KTL nach MAN-Werknorm M 3078-2 mit Zinkphosphat-Vorbehandlung
- Decklack: 2K-Decklack nach MAN-Werknorm M 3094 vorzugsweise auf Wasserbasis; falls Einrichtungen hierfür fehlen, auch auf Lösemittelbasis. Anstelle Grundierung und Decklackierung ist für den Unterbau des Aufbaus (z.B. Längs-, Querträger und Knotenbleche) auch eine Feuerverzinkung möglich, die Schichtdicke muss ≥ 80 µm sein.

Der Spielraum für Trocknungs- bzw. Aushärtungszeiten und -temperaturen ist den jeweiligen Datenblättern des Lackherstellers zu entnehmen. Bei der Auswahl und Kombination unterschiedlicher Metallwerkstoffe (z.B. Aluminium und Stahl) ist die Auswirkung der elektrochemischen Spannungsreihe auf Korrosionserscheinungen an den Grenzflächen zu berücksichtigen (Isolierung).
Die Verträglichkeit der Werkstoffe ist zu berücksichtigen; z.B. die elektrochemische Spannungsreihe (Ursache von Kontaktkorrosion).

Nach allen Arbeiten am Fahrgestell sind:

- Bohrspäne zu entfernen
- Kanten zu entgraten
- Hohlräume mit Wachs zu konservieren.

Mechanische Verbindungselemente (z.B. Schrauben, Muttern, Scheiben, Bolzen) die nicht überlackiert werden, sind optimal gegen Korrosion zu schützen. Zur Vermeidung von Korrosion durch Salzeinwirkung während Standzeiten in der Aufbauphase, sind alle Fahrgestelle nach der Ankunft beim Aufbauhersteller mit Klarwasser von Salzrückständen zu befreien.

4.3 Einlagerung von Fahrzeugen

Bei Stilllegung bzw. bei einer Standzeit von ≥ 3 Monaten muss ein Fahrgestell gemäß der MAN Norm M3069 Teil 3 , Temporärer Korrosionsschutz; zeitlich begrenzte Stilllegung von Nutzfahrzeugen‘ behandelt werden.
Wenden Sie sich zur fachgerechten Durchführung an die nächste MAN-Niederlassung/ Vertragswerkstätte.

Bei stillgelegten Fahrzeugen sind die Hinweise im Kapitel 6 ‚Elektrik’, Leitungen‘, Abschnitt ‚Behandlung der Batterien‘ entsprechend der Stilllegungszeit anzuwenden.

4.4 Werkstoffe und Rahmendaten

4.4.1 Rahmenwerkstoffe für Rahmen und Hilfsrahmen

Das Europäische Komitee für Normung CEN hat zum Zweck der einheitlichen Bezeichnung in Europa neue Stahlnormen u. a. auch für die im Nutzfahrzeugbau wichtigen allgemeinen Baustähle (DIN EN 10025) und Feinkornbaustähle (DIN EN 10149) entwickelt. Diese ersetzen die bisher gültigen Bezeichnungen nach DIN/ SEW. Die Werkstoffnummern sind unverändert von der Europäischen Normung übernommen worden, daher lässt sich über eine bekannte Werkstoffnummer der Werkstoff-Kurzname finden.
Für Rahmen/ Hilfsrahmen werden Stahlwerkstoffe nach folgenden Bezeichnungen verwendet:

Tabelle 20: Stahlwerkstoffe und deren Kurzbezeichnungen nach alter und neuer Norm

Werkstoff nummer	Werkstoff bez. alt	Norm alt	$\sigma_{0,2}$ [N/mm²]	$\sigma_{0,2}$ [N/mm²]	Werkstoff bez.neu	Norm neu	Eignung für Fahrgestellrahmen / Hilfsrahmen
1.0037	St37-2*	DIN 17100	≥ 235	340-470	S235JR	DIN EN 10025	nicht geeignet
1.0570	St52-3	DIN 17100	≥ 355	490-630	S355J2G3	DIN EN 10025	gut geeignet
1.0971	QStE260N*	SEW 092	≥ 260	370-490	S260NC	DIN EN 10149-3	nur bei L2000 4x2, nicht bei Punktlasten
1.0974	QStE340TM	SEW 092	≥ 340	420-540	(S340MC)		nicht bei Punktlasten
1.0978	QStE380TM	SEW 092	≥ 380	450-590	(S380MC)		gut geeignet
1.0980	QStE420TM	SEW 092	≥ 420	480-620	S420MC	DIN EN 10149-2	gut geeignet
1.0984	QStE500TM	SEW 092	≥ 500	550-700	S500MC	DIN EN 10149-2	gut geeignet

* Die Werkstoffe S235JR (St37-2) und S260NC (QStE260N) sind aus Festigkeitsgründen nicht bzw. nur bedingt geeignet. Sie sind deshalb nur für Hilfsrahmenlängs- und -querträger zugelassen, die aus dem Aufbau lediglich mit Streckenlasten belastet werden. Aufgebaute Aggregate mit lokaler Krafteinleitung wie z.B. Ladebordwände, Kräne, Seilwinden setzen in jedem Fall Stahlwerkstoffe mit einer Streckgrenze von $\sigma_{0,2}$ > 350 N/mm² voraus.

4.4.2 Rahmendaten

Die Tabelle 21 ist so abgefasst, dass unter der jeweiligen Typnummer und des Radstandes eine Rahmenprofilkennziffer zu finden ist. Diese Kennziffer gibt in der Tabelle 22 die Rahmenprofildaten an.

Tabelle 21: Zuordnung Rahmenprofilnummern

Tonnage	Typ	Ausführung	Radstand	Profilnummer
L2000				
8 t	L20	LC	alle	12
	L21	LC	außer*	
	L33	LLC		
	L34	LLC		
8 t	L22	LAC, LAEC	alle	
	L23	LAC, LAEC		21
9 t	L20	LC, LK		
	L21	LC, LK		
	L33	LLC, LLS	alle	13
	L34	LLC, LLS		
10 t	L24	LC, LK		
	L25	LC, LK	alle	
	L35	LLC, LLS		13
	L36	LLC, LLS		
10 t	L26	LAC, LAEC		
	L27	LAC, LAEC	alle	21
* TypenL20, L21, L33, L34 haben Profilnr. 13 wenn Suffix = LLS (Sattel) oder Suffix = LK-LV (Ladekranvorbereitung vor der Brücke) oder Radstand = 3.000 oder Radstand ≥ 4.600				
M2000L				
12 t	L70	LC, LK	alle	5
	L71	LC, LK		
	L72	LLC, LLK		
	L73	LLC, LLK		
14 t	L74	LC, LK		
	L75	LC, LK	< 4.500	5
	L76	LLC, LLK	≥ 4.500	19
	L77	LLC, LLK		
	L79	LLLC		
14 t	L80	LAC, LAK	alle	19
15 t	L81	LC, LK		
	L82	LC, LK	< 4.500	5
	L83	LLC, LLK	≥ 4.500	19
	L84	LLC, LLK		
	L86	LLLC		
	L87	LC, LK		
18 t	L88	LLC, LLK	< 5.500	27
	L89	LLLC	≥ 5.500	28
18 t	L90	LAC, LAK	alle	26
20 t	L84	LNLC	3.675+1.350	5
	L86	LNLLC	> 3.675+1.350	19
26 t	L95	DLC		27

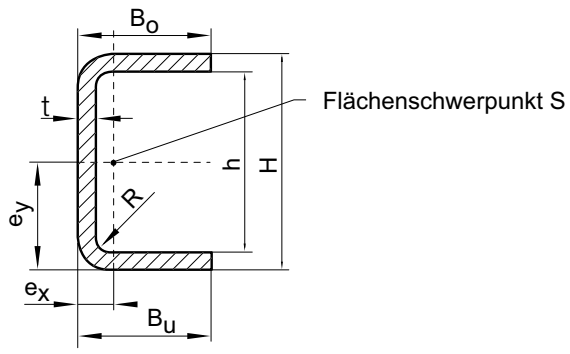
Tabelle 21: Zuordnung Rahmenprofilnummern (Fortsetzung)

Tonnage	Typ	Ausführung	Radstand	Profilnummer
M2000M				
14 t	M31 M32 M32 M33 M34	MC, MK MLC MLS MLLC MAC, MAK		19 19 27 19 19
18 t 18 t	M38 M39 M40 M41	MC, MK MLC, MLS MLLC MAC, MAK	< 5.750 ≥ 5.750 alle	27 28 26
25 t	M42 M43 M44	MNLC MNLLC MVLC	alle	28
F2000				
19 t 19 t	T01 T02 T03 T04 T31 T32 T33 T34 T62 T20 T50	F FL FLL FA F FL FLL FA FL FLL FLL	≤ 4.800 > 4.800 alle	23 22 23
23 t 6x2	T05 T35	FNLL FNLL	alle	23
26 t 6x2 26 t 6x4	T06 T07 T08 T36 T37 T38 T09 T10 T39 T40 T70	FNL FNLL FVL FNL FNLL FVL DF DFL DF DFL DFL	alle (je nach Fahrgestell auf Wunsch) alle	22 23 23
27/33 t 6x4 6x6	T12 T18 T42 T48 T72 T78	DFA DF DFA DF DFA DF	alle außer DFC: ≥ 3.825+1.400 DFAC: ≥ 4.025+1.400	23 24 24
40 t 6x4 / 6x6	T43 T44	DF DFA	alle	24 24
32/35/41 t 8x4	T15 T16 T45 T46	VF VF VF VF	alle außer VF-TM VF/N-HK	22 23 23

Tabelle 21: Zuordnung Rahmenprofilnummern (Fortsetzung)

Tonnage	Typ	Ausführung	Radstand	Profilnummer
E2000				
19 t 4x2 19 t 4x4	E51 E61 E52 E62	FLK/M, FLS/M FALS, FALK	alle alle	23 22
26 t 6x2/4 6x2-4 6x4-4 6x4/4 6x4/2 6x6/2	E42 E53 E63 E56 E66 E40	FVLC FNLC FAVLC, FAVLK DFARC, DFRS DFRLS	alle alle alle alle	24 22 22 23
28 t 6x4-4 6x6-4	E47 E67	FANLC FNALC	alle	29
30/33 t 6x4, 6x6	E50 E60	FNALC DFALC		
32 t 8x2/4 8x2/6 8x4/4	E55 E65	VFNLC VFLC	≤ 2.600 > 2.600	23 22
33 t 6x2/2 6x4/2 33 t 6x6-4	E59 E69 E99 E72	DF DFL DFAP	 alle alle	 24 29
32 t / 35t	E73	FVNL	alle	22
35 t	E88	VFL	alle	22
35 t / 41 t 50 t	E58 E68	VF VFA	35 t / 41 t 50t	22 29
41 t	E75 E95	DFVS DFVLS	alle	29
42 t	E74 E78	VFP VFAP	alle	29
50 t	E77 E79	VFVP VFAVP	alle	29

Bild 9: Erklärung der Profildaten ESC-128



Anmerkung:

1) Ober- und Untergurt 13 mm dick
2) Außenradius 10 mm

Tabelle 22: Profildaten der Rahmenlängsträger

Nr.	H [mm]	h [mm]	B_o [mm]	B_u [mm]	t [mm]	R [mm]	G [kg/m]	$\sigma_{0,2}$ [N/mm²]	σ_B [N/mm²]	A [mm²]	e_x [mm]	e_y [mm]	I_x [cm⁴]	W_{x1} [cm³]	W_{x2} [cm³]	I_y [cm⁴]	W_{y1} [cm³]	W_{y2} [cm³]
1	220	208	80	85	6	10	17	420	480…620	2.171	21	110	1.503	138	135	135	64	21
2	222	208	80	80	7	10	20	420	480…620	2.495	20	111	1.722	155	155	142	71	24
3	222	208	75	75	7	10	19	420	480…620	2.425	18	111	1.641	148	148	118	66	21
4	224	208	75	75	8	10	22	420	480…620	2.768	19	112	1.883	168	168	133	70	24
5	220	208	70	70	6	10	16	420	480…620	2.021	16	110	1.332	121	121	85	53	16
6	322	306	80	80	8	10	29	420	480…620	3.632	17	161	4.821	299	299	176	104	28
7	262	246	78	78	8	10	24	420	480…620	3.120	18	131	2.845	217	217	155	86	26
8	260	246	78	78	7[1)]	10	21	420	480…620	2.733	18	130	2.481	191	191	138	77	23
9	224	208	80	80	8	10	22	420	480…620	2.848	20	112	1.976	176	176	160	80	27
10	262	246	80	80	8	10	25	420	480…620	3.152	19	131	2.896	221	221	167	88	27
11	273	247	85	85	7[1)]	6[2)]	31	355	510	3.836	26	136	4.463	327	327	278	108	47
12	209	200	65	65	4,5	8	11	260	420	1.445	15	105	868	83	83	52	35	10
13	210	200	65	65	5	8	13	260	420	1.605	15	105	967	92	92	58	39	12
14	220	208	70	80	6	10	16	420	480…620	2.081	18	107	1.399	124	124	105	58	17
15	222	208	70	80	7	10	19	420	480…620	2.425	18	108	1.638	144	144	120	67	19
16	234	220	65	65	7	8	19	420	480…620	2.381	15	117	1.701	145	145	80	53	16
17	220	208	75	75	6	10	16	420	480…620	2.081	18	110	1.400	127	127	103	57	18
18	218	208	70	70	5	10	13	420	480…620	1.686	16	109	1.105	101	101	72	45	13
19	222	208	70	70	7	10	18	420	480…620	2.355	17	111	1.560	141	141	97	57	18
20	260	246	70	70	7	10	21	420	480…620	2.621	15	130	2.302	177	177	101	67	18
21	210	200	65	65	5	8	13	420	480…620	1.605	15	105	967	92	92	58	39	12
22	330	314	80	80	8	10	29	420	480…620	3.696	17	165	5.125	311	311	177	104	28
23	270	254	80	80	8	10	25	420	480…620	3.216	18	135	3.118	231	231	168	93	27
24	274	254	80	80	10	10	31	420	480…620	4.011	19	137	3.919	286	286	204	107	33
25	266	254	80	80	6	10	19	420	480…620	2.417	18	133	2.325	175	175	130	72	21
26	224	208	70	70	8	10	21	420	480…620	2.688	17	112	1.789	160	160	109	64	21
27	268	254	70	70	7	10	21	420	480…620	2.677	15	134	2.482	185	185	102	68	19

Tabelle 22: Profildaten der Rahmenlängsträger (Fortsetzung)

Nr.	H [mm]	h [mm]	B_o [mm]	B_u [mm]	t [mm]	R [mm]	G [kg/m]	$\sigma_{0,2}$ [N/mm²]	σ_B [N/mm²]	A [mm²]	e_x [mm]	e_y [mm]	I_x [cm⁴]	W_{x1} [cm³]	W_{x2} [cm³]	I_y [cm⁴]	W_{y1} [cm³]	W_{y2} [cm³]
28	270	254	70	70	8	10	24	420	480…620	3.056	17	135	2843	211	211	114	76	21
29	334	314	80	80	10	10	36	420	480…620	4.611	16	167	6.429	385	385	215	126	34
30	328	314	80	80	7	10	25	420	480…620	3.237	16	164	4.476	273	273	158	99	25
31	270	254	85	85	8	10	26	500	550…700	3.296	20	135	3.255	241	241	201	101	31
32	270	251	85	85	9,5	10	30	500	550…700	3.879	21	135	3.779	280	280	232	110	36
33	334	314	85	85	10	10	37	420	480…620	4.711	19	167	6.691	401	401	257	135	39
34	270	256	85	85	6,8	10	22	500	550…700	2.821	19	135	2.816	209	209	174	92	26
35	220	212	70	70	4	10	11	420	480…620	1.367	16	110	921	84	84	59	37	11
36	220	211	70	70	4,5	10	12	420	480…620	1.532	16	110	1.026	93	93	65	41	12
37	220	206	70	70	7	10	18	420	480…620	2.341	17	110	1.526	139	139	97	57	18
38	220	204	70	70	8	10	21	420	480…620	2.656	17	110	1.712	156	156	108	64	20
39	270	256	70	70	7	10	21	420	480…620	2.691	15	135	2.528	187	187	102	68	19
40	270	256	70	70	7	10	21	500	550…700	2.691	15	135	2.528	187	187	102	68	19
41	270	254	70	70	8	10	24	420	480...620	3.056	15	135	2.843	211	211	114	76	21

4.5 Rahmen ändern

4.5.1 Bohrungen, Niet- und Schraubverbindungen am Rahmen

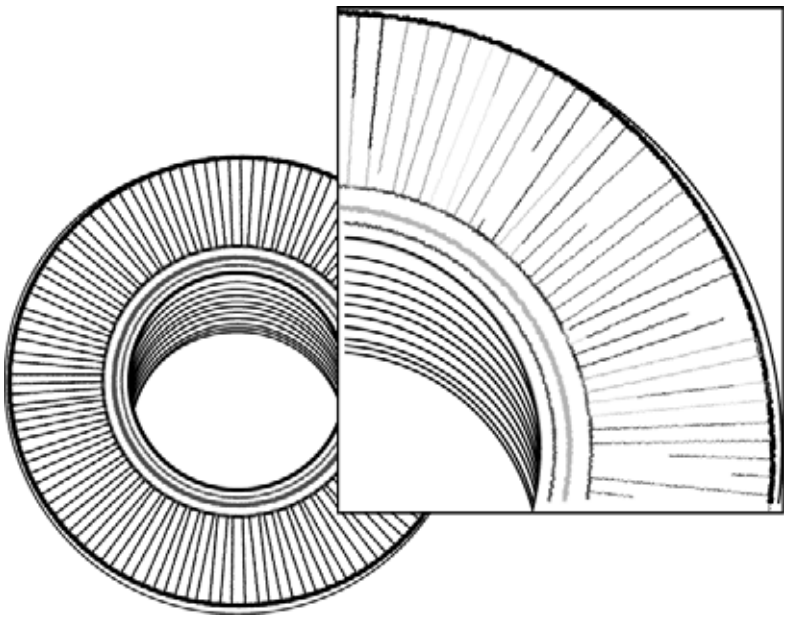
Nach Möglichkeit sind bereits im Rahmen vorhandene Bohrungen zu verwenden. In die Flansche der Rahmenlängsträgerprofile, also in die Ober- und Untergurte, darf nicht gebohrt werden (siehe Bild 11). Eine Ausnahme hiervon bildet nur das hintere Rahmenende, außerhalb des Bereiches aller für die tragende Funktion der letzten Achse dienlichen und am Rahmen angebrachten Teile (siehe Bild 12). Dies gilt auch für den Hilfsrahmen.

Rahmenbohrungen sind auf ganzer nutzbarer Rahmenlänge möglich (siehe Bild 13).
Die Einhaltung der zulässigen Bohrungsabstände nach Bild 14 ist jedoch Voraussetzung.

Nach dem Bohren alle Bohrungen reiben und entgraten.

Viele Verbindungen von Rahmenteilen und Anbauteilen am Rahmen (z.B. Knotenbleche mit Querträger, Schubbleche, Brückenwinkel) sind in der Serie genietet. Werden an diesen Teilen nachträglich Veränderungen vorgenommen, so sind Schraubverbindungen mindestens Festigkeitsklasse 10.9 mit mechanischer Losdrehsicherung zulässig. MAN empfiehlt Ripp-Schrauben/ -muttern.
Das Anzugsdrehmoment nach Herstellervorgaben ist einzuhalten. Bei Wiedermontage von Ripp-Schrauben sind an der Anzugsseite neue Schrauben bzw. Muttern zu verwenden. Die Anzugsseite ist durch leichte Spuren an den Rippen im Schrauben- bzw. Mutternflansch zu erkennen (siehe Bild 10).

Bild 10: Spurenbild in den Rippen auf der Anzugsseite ESC-216



Alternativ ist auch die Verwendung von hochfesten Nieten (z.B. Huck®-BOM, Schließringbolzen) mit Verarbeitung nach Herstellervorgaben möglich. Die Nietverbindung muss hinsichtlich Ausführung und Festigkeit mindestens der Schraubverbindung entsprechen.

Prinzipiell zulässig sind auch Flanschschrauben. MAN weist darauf hin, dass Flanschschrauben hohe Anforderungen an die Montagegenauigkeit stellen, dies gilt insbesondere bei geringen Klemmlängen.

Bild 11: Rahmenbohrungen in Ober- und Untergurt ESC-155

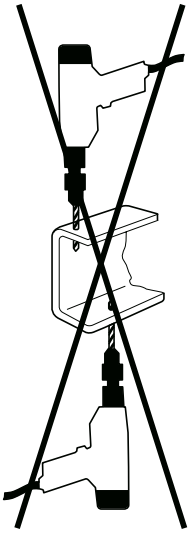


Bild 12: Bohrungen am Rahmenende ESC-032

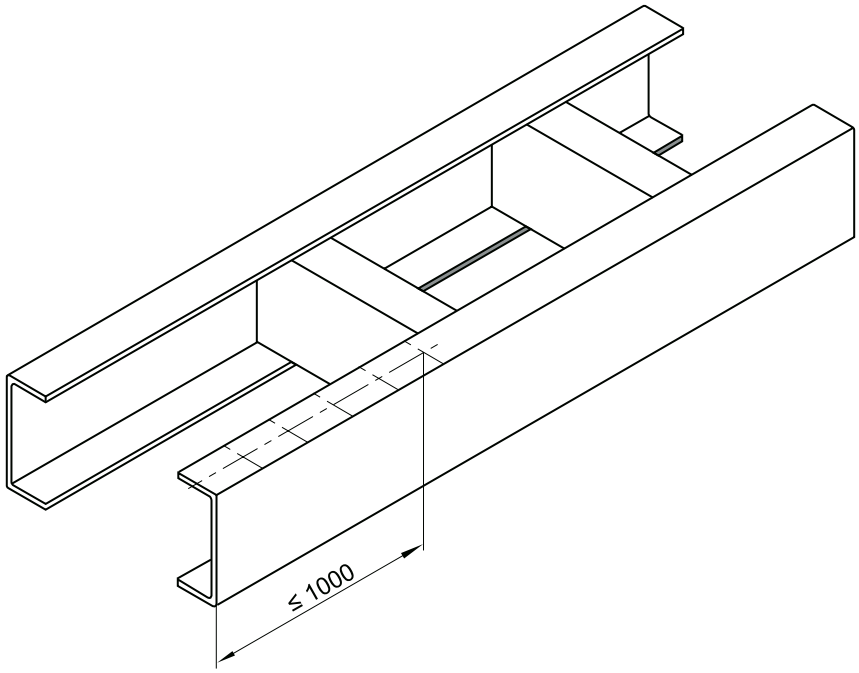


Bild 13: Bohrungen auf ganzer Rahmenlänge ESC-069

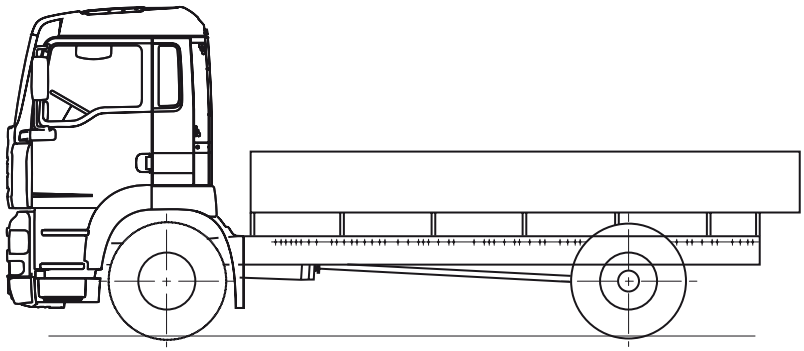
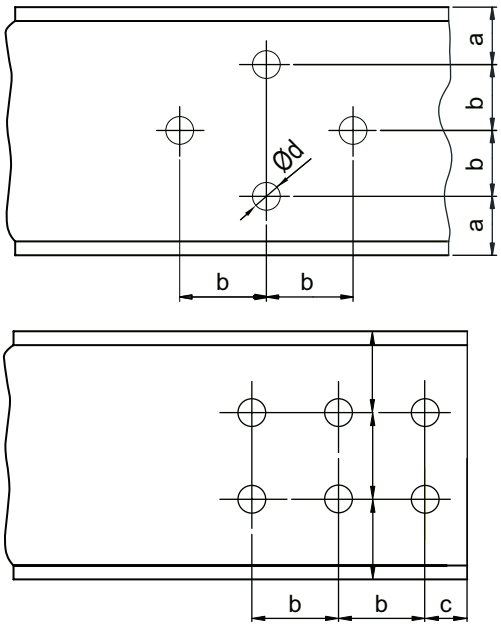


Bild 14: Bohrungsabstände ESC-021



a ≥ 40
b ≥ 50
c ≥ 25

4.5.2 Aussparungen am Rahmen

Grundsätzlich dürfen in den Rahmenlängs- und -querträgern keine Aussparungen vorgenommen werden (siehe Bild 15).

Rahmenquerträger dürfen in ihrer Funktion keiner Beeinträchtigung unterliegen. Deshalb sind Aussparungen nicht zulässig und Bohrungen bzw. Durchbrüche nur in begrenztem Umfang möglich. Beispiele siehe Bild 16 und Bild 17.

Querträger aus Rohrprofilen keinesfalls durchbrechen oder bohren.

Bild 15: Aussparungen am Rahmen ESC-091

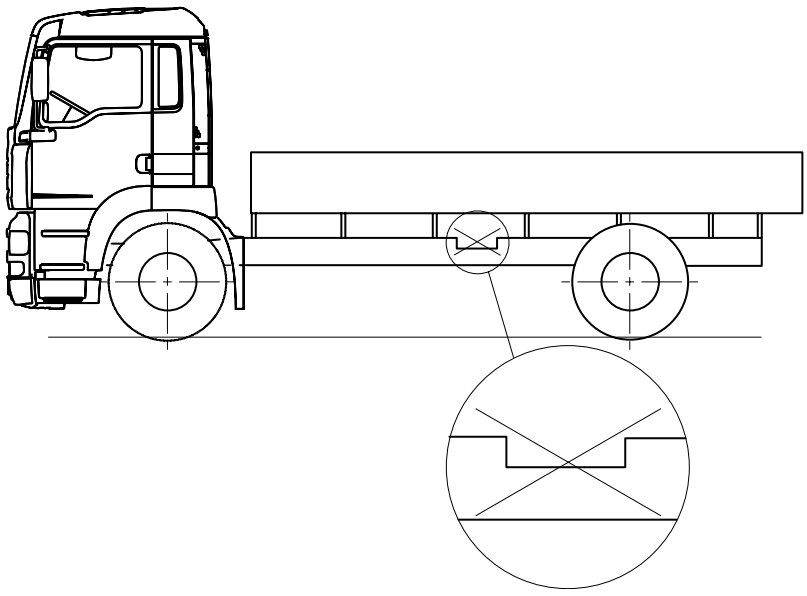
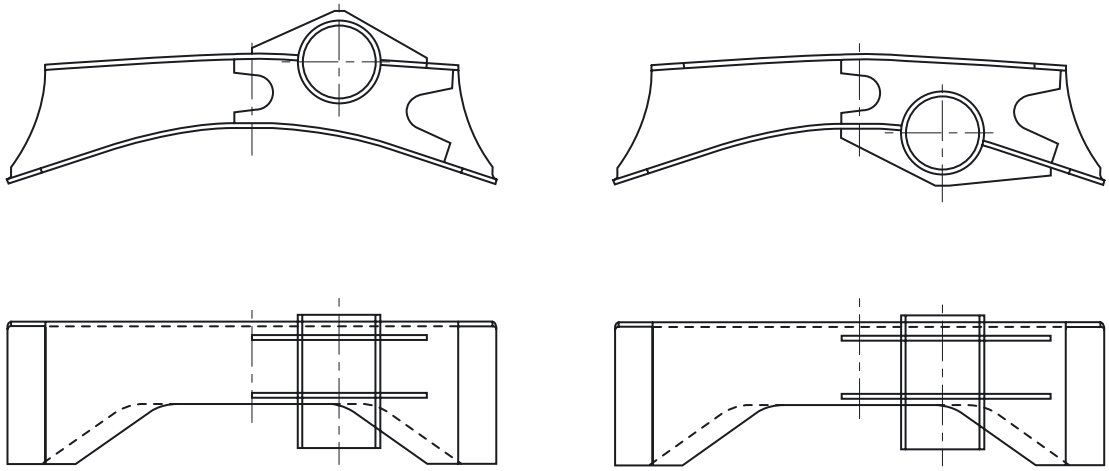


Bild 16: Durchbrechen Rahmenquerträger oben ESC-125 **Bild 17:** Durchbrechen Rahmenquerträger unten ESC-124



4.5.3 Schweißen am Rahmen

Schweißarbeiten am Fahrgestell bedürfen besonderer Fachkenntnisse, daher muss das ausführende Unternehmen über entsprechend ausgebildetes, geschultes und qualifiziertes Personal verfügen, welches für die erforderlichen Schweißarbeiten eingesetzt wird (z.B. in Deutschland entsprechend DVS Merkblätter 2510 – 2512 „Instandsetzungsschweißen an Nutzfahrzeugen“, Bezug über DVS-Verlag).

Schweißarbeiten an Rahmen und Achsführungsteilen die nicht in dieser Aufbaurichtlinie oder den MAN-Reparaturanleitungen beschrieben werden, sind unzulässig.

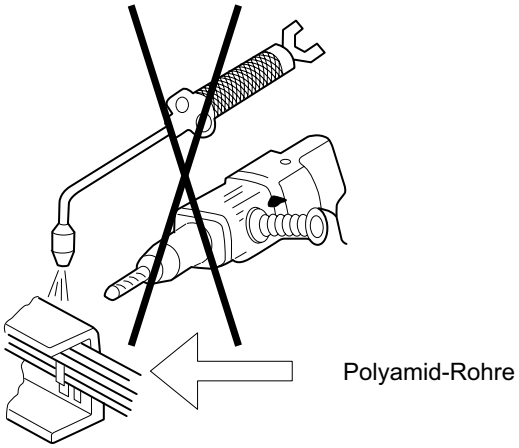
An bauartgenehmigungspflichtigen Teilen (z.B. Verbindungseinrichtungen) dürfen Schweißarbeiten nur vom Inhaber der „Bauartgenehmigung für Fahrzeugteile“ – in der Regel der Hersteller oder Importeur - durchgeführt werden.
Die besonderen Behandlungsvorschriften für Fahrzeuge mit Erdgasmotor sind zu beachten, siehe 5.14 ‚Gasmotor‘.

Die Rahmen der MAN-Truck & Bus sind aus hochfesten Feinkornstählen hergestellt. Der eingesetzte Feinkornbaustahl ist gut schweißgeeignet. Die Schweißverfahren MAG (Metallaktivgasschweißen) bzw. E (Lichtbogenhandschweißen) gewährleisten beim Einsatz qualifizierter Schweißer hochwertige und dauerhafte Schweißverbindungen. Empfohlene Schweißzusatzwerkstoffe:

MAG	Draht SG 3
E	Elektrode B 10

Eine gründliche Vorbereitung der Schweißstelle ist wichtig für das Gelingen einer qualitativ hochwertigen Verbindung. Wärmeempfindliche Teile sind zu schützen oder zu demontieren. Die Verbindungsstellen von Schweißteil am Fahrzeug und Masseklemme am Schweißgerät müssen blank sein; daher Farbe, Korrosion, Öl, Fett, Schmutz usw. entfernen.
Die Schweißung ist grundsätzlich mit Gleichstrom auszuführen, auf die Polarität der Elektroden ist zu achten.

Bild 18: Schutz wärmeempfindlicher Teile ESC-156



Leitungen (Elektrik, Luft) in der Nähe der Schweißstelle sind vor Hitzeeinwirkung zu schützen, besser ist, die Leitungen zu entfernen.

Das Schweißen ist zu unterlassen, wenn die Umgebungstemperatur auf einen Wert unter +5°C sinkt.

Schweißarbeiten sind ohne Einbrandkerben durchzuführen (siehe Kehlnähte Bild 19). Risse in der Schweißnaht sind unzulässig. Verbindungsnähte an den Längsträgern sind als V- oder X-Nähte in mehreren Lagen auszuführen (siehe Bild 20). Senkrechte Schweißungen sind als Steignähte auszuführen (von unten nach oben siehe Bild 21).

Bild 19: Einbrandkerben ESC-150

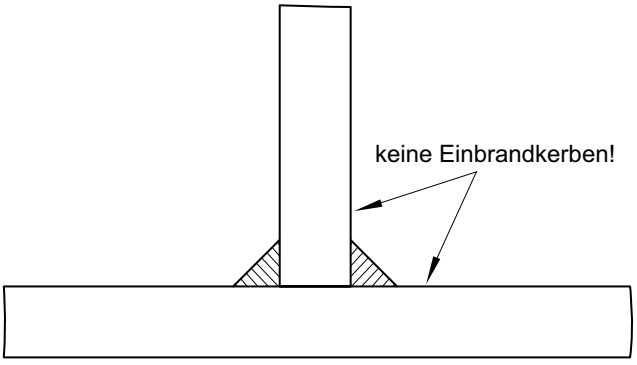


Bild 20: Schweißnahtausführung bei X- und Y-Naht ESC-003

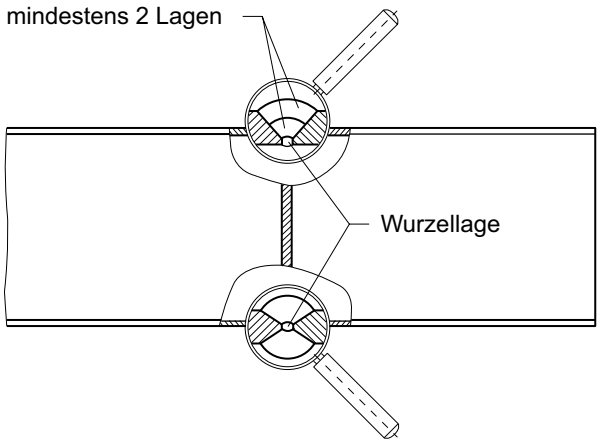
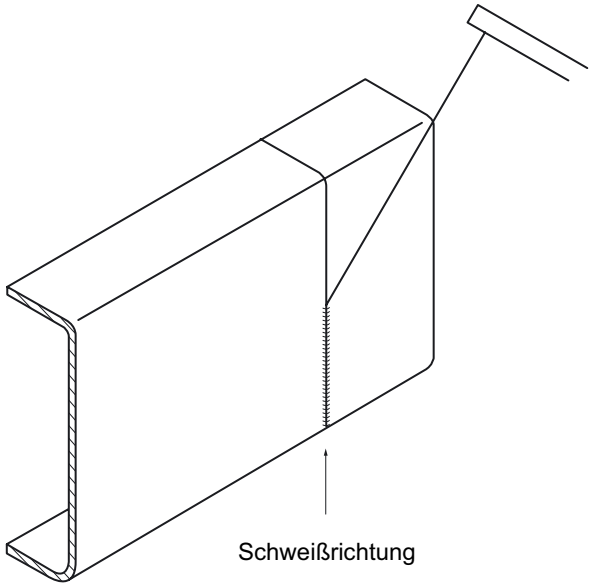


Bild 21: Senkrechte Rahmenschweißung ESC-090



Zur Vermeidung von Schäden an elektronischen Baugruppen (z.B. Generator, Radio, ABS, EDC, ECAS) ist folgende Vorgehensweise einzuhalten:

- Minus- und Pluskabel der Batterien abklemmen, lose Enden der Kabel miteinander verbinden (jeweils - mit +)
- Batteriehauptschalter einschalten (mechanischer Schalter) bzw. elektrischen Batteriehauptschalter am Magnet überbrücken (Kabel abklemmen und miteinander verbinden)
- Massezange des Schweißgeräts unmittelbar an der zu schweißenden Stelle gut leitend befestigen
- werden zwei Teile miteinander verschweißt, sind sie miteinander gut leitend zu verbinden (z.B. beide Teile mit der Massezange verbinden)
- elektronische Baugruppen müssen nicht abgeklemmt werden sofern die oben genannten Voraussetzungen eingehalten werden.

4.5.4 Verändern des Rahmenüberhangs

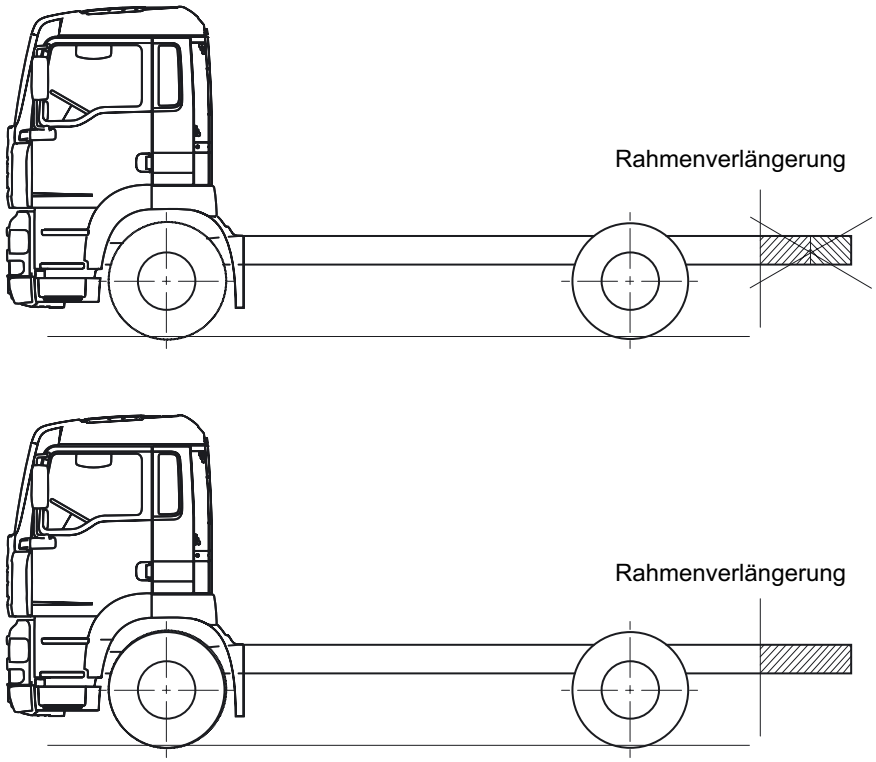
Aufgrund eines geänderten hinteren Überhangs verschiebt sich der Schwerpunkt für Nutzlast und Aufbau und damit ändern sich die Achslasten. Ob sich dies im zulässigen Bereich bewegt, kann nur eine Achslastberechnung zeigen, die deshalb unerlässlich ist und vor Beginn der Arbeiten durchgeführt werden muss. Ein Beispiel für eine Achslastberechnung befindet sich im Kapitel 9 ‚Berechnung'.

Bei einer Rahmenüberhangsverlängerung muss das anzuschweißende Profil von ähnlicher Materialgüte wie der Original-Rahmenlängsträger sein (siehe Tabelle 21 und Tabelle 22), mindestens wird jedoch S355J2G3 = St 52-3 (Tabelle 20) verlangt.

Eine Verlängerung mit mehreren Profilstücken ist nicht zulässig. Wurde bereits einmal eine Verlängerung vorgenommen, so ist der Rahmenlängsträger bis zu seiner ursprünglichen Länge abzutrennen und durch Anfügen eines Profils mit entsprechender Länge auf den vorgesehenen Überhang zu verlängern (siehe Bild 22).

Für Rahmenverlängerungen gibt es bei MAN entsprechend vorbereitete Kabelstränge. Bezugsmöglichkeit besteht über den Ersatzteildienst. Es sind nur Kabelstränge mit sog. ‚Seal-Verbindern' zulässig. Die Hinweise im Kapitel 6 ‚Elektrik', Leitungen' über die Verlegung von Leitungen sind zu beachten.

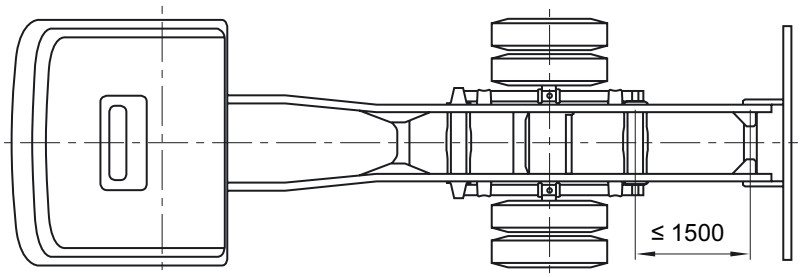
Bild 22: Verlängerung Rahmenüberhang ESC-093



Ist an Fahrzeugen mit kurzer Überhanglänge eine Verlängerung beabsichtigt, dann ist der vorhandene Querträger zwischen den hinteren Hinterfederböcken an Ort und Stelle zu belassen.

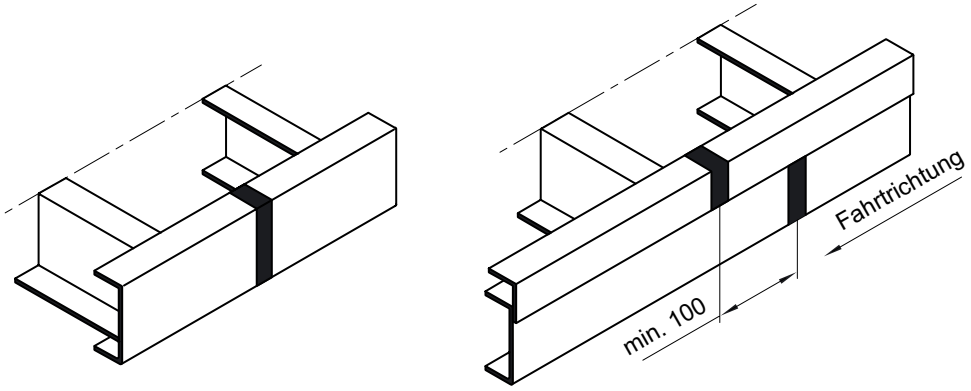
Ein zusätzlicher Rahmenquerträger ist unbedingt dann vorzusehen, wenn der Abstand der Querträger mehr als 1500 mm beträgt (siehe Bild 23). Eine Toleranz von +100 mm ist zulässig. Ein Schlußquerträger muss immer vorhanden sein.

Bild 23: Max. Abstand der Rahmenquerträger ESC-092



Bei einer gleichzeitigen Verlängerung von Rahmenüberhang und Hilfsrahmen müssen die Schweißnähte bzw. Verbindungsstellen mindestens 100 mm voneinander entfernt sein, wobei die Hilfsrahmenschweißnaht vor der Rahmenschweißnaht anzuordnen ist (siehe Bild 24).

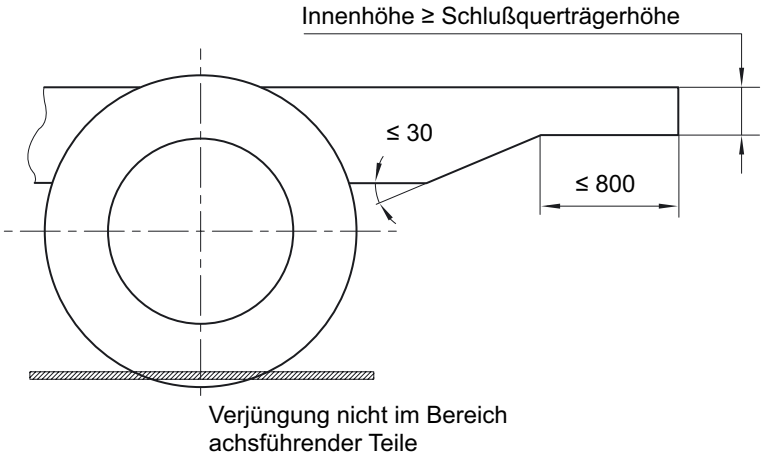
Bild 24: Rahmen- und Hilfsrahmenverlängerung ESC-017



Nach erfolgter Rahmenüberhangsverlängerung ist keine höhere als die serienmäßige Anhängelast möglich.
Bei Rahmenüberhangsverkürzungen ist die größtmögliche technische Anhängelast möglich.

Das hintere Rahmenende darf entsprechend Bild 25 verjüngt werden. Die hierdurch hervorgerufene Querschnittsverminderung des Rahmenlängsträgers muss weiterhin ausreichende Festigkeitswerte aufweisen. Verjüngungen im Bereich achsführender Teile sind nicht erlaubt.

Bild 25: Verjüngung am Rahmenende ESC-108



Die hinteren Enden der Fahrgestell- und der Aufbaulängsträger müssen mit geeigneten Abdeckungen geschlossen werden. Geeignete Abdeckungen sind z.B. Metallplatten, Kappen aus Gummi oder geeigneten Kunststoffen (siehe z.B. §32 StVZO „Richtlinien über die Beschaffenheit und Anbringung der äußeren Fahrzeugteile“, Erläuterung Nr. 21).
Dies gilt nicht für die Aufbaulängsträger wenn sie zurückgesetzt, durch den zugehörigen Querträger oder andere geeignete Konstruktionen geschützt sind.

4.6 Radstandsänderungen

Der Radstand beeinflusst die Auslastung der Vorder- und Hinterachsen und damit sowohl die statische Auslegung als auch die Fahr- und Bremsdynamik des Fahrzeugs. Vor Durchführung einer Radstandsänderung deshalb unbedingt eine Achslastberechnung durchführen. Ein Beispiel für eine Achslastberechnung findet sich im Kapitel 9 ‚Berechnungen'.

Radstandsänderungen sind möglich durch:

- Versetzen des kompletten Hinterachsaggregates
- Trennen der Rahmenlängsträger und Einfügen bzw. Herausnehmen eines Rahmenabschnittes.

Bei Typen mit Gestängelenkung zur Vor-/ Nachlaufachse (z.B. 6x2/4 M44, T08, T38, L84, L86) ist das Lenkungsgestänge neu auszulegen, wobei MAN keine Hilfestellung bieten kann, wenn ein Radstand hergestellt werden soll der nicht ab Werk lieferbar ist.

Bei Typen mit hydraulischer Zwangslenkung der Nachlaufachse „ZF-Servocom®RAS" (z.B. 6x2-4 T35 T36 T37) sind an der Nachlaufachse je nach Umfang der Radstandsänderung 1. - 2. Achse Lenkhebel mit anderem Lenkeinschlagswinkel nach Tabelle 23 einzubauen.

Tabelle 23: Lenkhebel bei 6x2-4 mit „ZF-Servocom® RAS - Lenkung" der Nachlaufachse

Radstand [mm] 1. - 2. Achse	Lenkhebel Sachnummer	Lenkereinschlag Nachlaufachse
≤ 4.100	81.46705.0366	16,5
4.100 ≤ 5.000	81.46705.0367	15
> 5.000 - max. 6.000	81.46705.0368	12

Bei Radstandsänderungen durch Trennen der Rahmenlängsträger müssen die Schweißnähte gemäß Bild 26 bzw. Bild 27 mit Winkeleinlagen gesichert werden. Bei Rahmen mit Einlagen ab Werk ist zusätzlich wie in der Zeichnung beschrieben die nachträglich eingebaute Einlage stumpf mit der Einlage ab Werk zu verschweißen, wobei die Schweißnaht der Einlagen nicht an der gleichen Stelle sein darf wie die Schweißnaht des Rahmens.

Der neue Radstand muss zwischen dem kleinsten und dem größten Serienradstand des entsprechenden Serienfahrzeugs (nach Typnummer siehe Kapitel 3 ‚Allgemeines') bleiben.

Entspricht der neue Radstand einem Serienradstand, dann ist die Gelenkwellen- und Querträgeranordnung wie beim Serienradstand auszuführen.

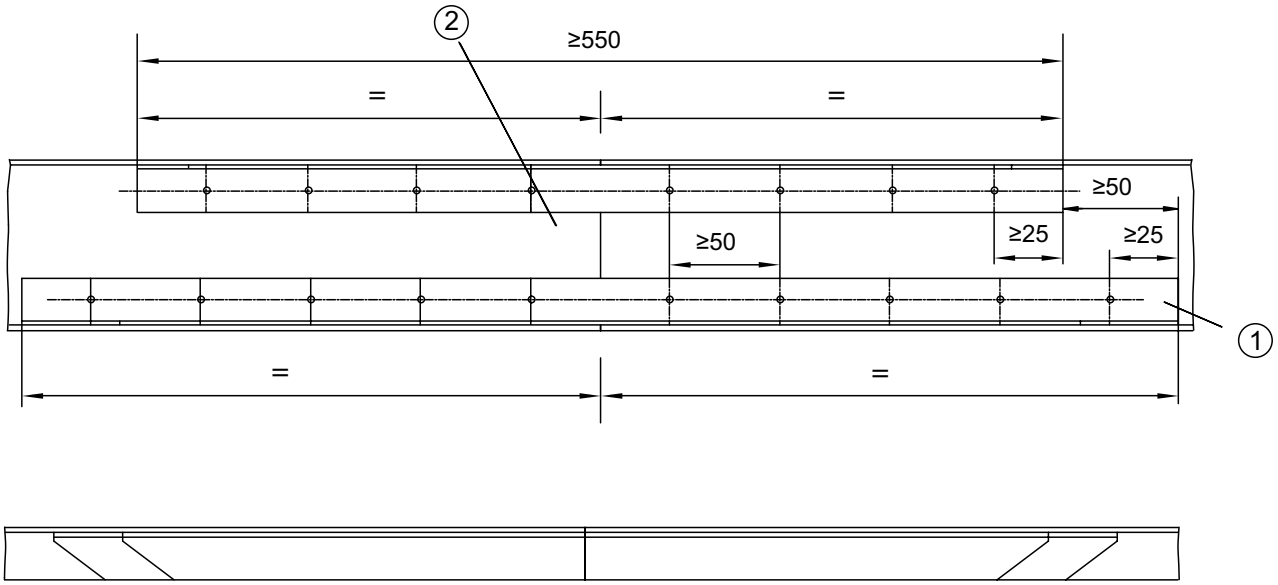
Hat das Fahrzeug mit dem vergleichbaren Serienradstand einen stärkeren Rahmen, dann ist der Rahmen des radstandsveränderten Fahrzeugs so zu verstärken, dass mindestens das gleiche Widerstands- und Flächenträgheitsmoment erreicht wird.
Dies kann durch Wahl eines entsprechenden Hilfsrahmens erfolgen unter gleichzeitiger Berücksichtigung einer geeigneten Verbindung von Lkw-Rahmen mit Hilfsrahmen, z.B. schubweich oder schubstarr (siehe Kapitel 5 ‚Aufbauten').

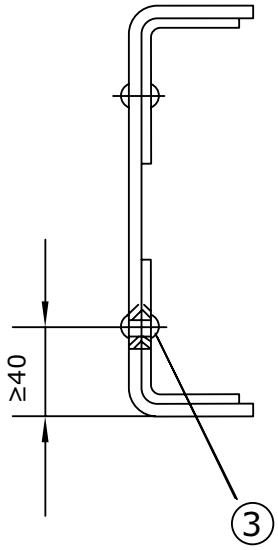
Keine Rahmentrennung darf vorgenommen werden im Bereich von:

- Lasteinleitungsstellen
- Profiländerungen (Rahmenknick, Mindestabstand 200 mm)
- Achsführung und Federung (z.B. Federböcke, Längslenkerbefestigung), Mindestabstand 200 mm
- Rahmeneinlagen (Ausnahme s.o.)
- Getriebeaufhängung (auch Verteilergetriebe bei Allradfahrzeugen).

Für Rahmenverlängerungen gibt es bei MAN entsprechend vorbereitete Kabelstränge. Diese erleichtern die notwendigen Änderungen der Leitungsverlegung erheblich. Leitungsverlegung siehe auch Kapitel 6 ‚Elektrik', Leitungen'.

Bild 26: Radstandsverkürzung ESC-012



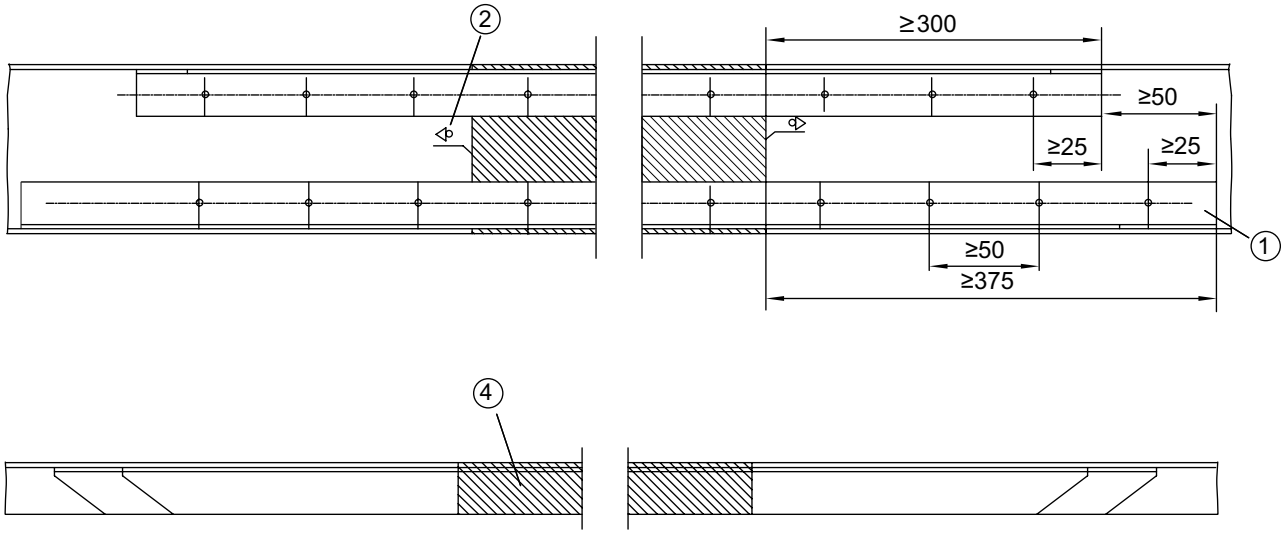


(1) Im Bereich der Winkeleinlagen vorhandene Rahmenbohrungen mitverwenden.
Bohrungsabstände ≥ 50, Randabstände ≥ 25

(2) Bei anliegenden Teilen Schweißnaht eingeebnet.
Schweißnaht nach Bewertungsgruppe BS, DIN 8563, Teil 3.

(3) Gleichschenklige Profile verwenden.
Breite wie Rahmeninnenbreite Toleranz -5.
Dicke wie Rahmendicke, Toleranz -1. Werkstoff min. S355J2G3 (St52-3)

Bild 27: Radstandsverlängerung ESC-013

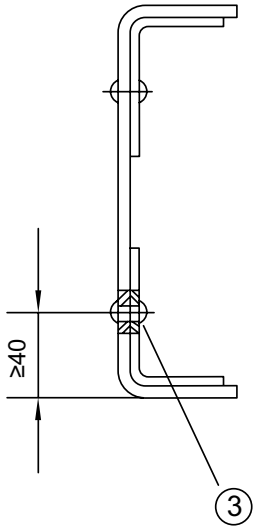


(1) Im Bereich der Winkeleinlagen vorhandene Rahmenbohrungen mitverwenden.
Winkeleinlagen durchgehend aus einem Stück.
Bohrungsabstände ≥ 50, Randabstände ≥ 25

(2) Bei anliegenden Teilen Schweißnaht eingeebnet. Schweißnaht nach Bewertungsgruppe BS, DIN 8563, Teil 3.

(3) Gleichschenklige Profile verwenden.
Breite wie Rahmeninnenbreite Toleranz -5.
Walzprofile nicht zulässig.
Dicke wie Rahmendicke, Toleranz -1. Werkstoff S355J3G3 (St52-3)

(4) Radstandsverlängerung mittels eingesetztem Rahmenlängsträgerstück.
Werkstoff nach Aufbaurichtlinien Rahmenprofiltabelle.
Max. Rahmenlängsträgerabstand nach Aufbaurichtlinien beachten!



4.7 Nachträglicher Einbau von Aggregaten

Der Hersteller eines Aggregates muss den Einbau mit MAN abstimmen. Die Freigabe von MAN ist der durchführenden Werkstatt zur Verfügung zu stellen. Diese hat die Pflicht vom Aggregatehersteller eine mit MAN abgestimmte Freigabe zu verlangen. Liegt die Freigabe nicht vor, dann muss sich der Aggregatehersteller darum bemühen und nicht die ausführende Werkstatt.

MAN übernimmt keinesfalls die Konstruktionsverantwortung oder die Verantwortung über die Folgen für nicht genehmigte nachträgliche Einbauten. Auflagen in diesen Richtlinien und in Genehmigungen sind einzuhalten. MAN übernimmt nur unter dieser Voraussetzung die Gewährleistung über den MAN-Lieferanteil. Der Aufbauhersteller ist verantwortlich für seinen Lieferanteil, für die Durchführung und deren mögliche Folgen. Er ist im Rahmen seiner Aufsichtspflicht auch dann verantwortlich, wenn andere Firmen in seinem Auftrag handeln. Zu einem Freigabeverfahren gehören prüffähige Unterlagen mit ausreichenden technischen Daten. Dazu zählen auch von Behörden oder anderen Institutionen erstellte Genehmigungen, Prüfberichte und ähnliche Unterlagen.

Freigaben, Gutachten und Unbedenklichkeitsbescheinigungen, die durch Dritte erstellt wurden (z.B. TÜV, DEKRA, Behörden, Prüfinstitute) bedeuten nicht die automatische Freigabe durch MAN. MAN kann Freigaben ablehnen, obwohl durch Dritte die Unbedenklichkeit bescheinigt wurde.

Wenn nicht anders vereinbart, bezieht sich eine Freigabe nur auf den Aggregateinbau selbst. Eine erfolgte Genehmigung bedeutet nicht, dass MAN das Gesamtsystem hinsichtlich Festigkeit, Fahrverhalten usw. überprüft und die Gewährleistung übernimmt. Die Verantwortung hierfür liegt bei der durchführenden Firma, weil das Endprodukt mit keinem MAN-Serienfahrzeug vergleichbar ist.

Durch den nachträglichen Einbau von Aggregaten können sich die technischen Daten des Fahrzeugs ändern. Für die Ermittlung und Weitergabe dieser neuen Daten ist der Aggregatehersteller und/ oder das durchführende Unternehmen verantwortlich, z.B. Beschaffung von Daten für Hilfsrahmendimensionierung, Anbau von Ladebordwänden und Ladekränen. Ausreichende Service- und Betriebsanleitungen sind zur Verfügung zu stellen. Wir empfehlen die Wartungsintervalle der Aggregate an die des Fahrzeugs anzupassen.

4.7.1 Zusätzliche oder größere Kraftstoffbehälter nach Werksauslieferung

Kraftstoff wird je nach Land – auch innerhalb der EU - unterschiedlich hoch besteuert.
Werden nach der Werksauslieferung des Herstellerwerks größere oder zusätzliche Kraftstoffbehälter montiert, unterliegt das zusätzliche Tankvolumen durch einen Grenzübertritt der Mineralölsteuer des Einfuhrgebiets.
Steuerfrei verbracht werden können nur Kraftstoffe in sogenannten „Hauptbehältern“ (und Kraftstoffe in Reservebehältern bis zur Gesamtmenge von 20 Litern). Hauptbehälter sind die Kraftstoffbehälter mit denen das Fahrzeug ab Werk ausgeliefert wurde, nicht jedoch Kraftstoffbehälter die nachträglich z.B. vom Aufbauhersteller oder von Werkstätten angebaut werden.

4.8 Nachträglicher Einbau von Vor- und Nachlaufachsen

Der Einbau zusätzlicher Achsen und das Versetzen lenkbarer Vorderachsen sowie der Ausbau von Achsen ist nicht erlaubt.
Diese Umbauten werden von MAN Truck & Bus AG mit Lieferanten vorgenommen.

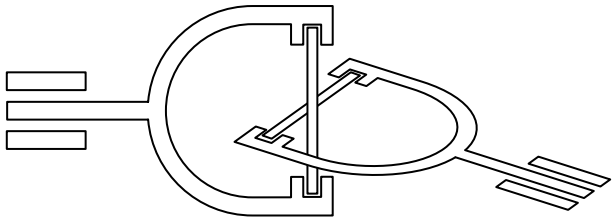
4.9 Gelenkwellen

Im Verkehrs- oder Arbeitsbereich von Personen angeordnete Gelenkwellen müssen verkleidet oder verdeckt sein.

4.9.1 Einfachgelenk

Wird ein einfaches Kardan-, Kreuz- oder Kugelgelenk in gebeugtem Zustand gleichförmig gedreht, so ergibt sich an der Abtriebsseite ein ungleichförmiger Bewegungsablauf (siehe Bild 28). Diese Ungleichförmigkeit wird vielfach als Kardanfehler bezeichnet.
Der Kardanfehler verursacht sinusähnliche Schwankungen der Drehzahl auf der Abtriebsseite.
Die Abtriebswelle eilt der Antriebswelle vor und nach. Entsprechend der Vor- und Nacheilung schwankt trotz konstantem Eingangsdrehmoment und Eingangsleistung das Ausgangsdrehmoment der Gelenkwelle.

Bild 28: Einfachgelenk ESC-074



Aufgrund dieser bei jeder Umdrehung zweimal vorhandenen Beschleunigung und Verzögerung kann diese Gelenkwellenbauart und -anordnung nicht für den Anbau an einen Nebenabtrieb zugelassen werden. Das Einfachgelenk ist nur dann vorstellbar, wenn einwandfrei nachgewiesen wird, dass aufgrund von

- Massenträgheitsmoment
- Drehzahl
- Beugewinkel

die Schwingungen und Belastungen von untergeordneter Bedeutung sind.

4.9.2 Gelenkwelle mit zwei Gelenken

Die Ungleichförmigkeit des einfachen Gelenks ist durch Verbinden von zwei einfachen Gelenken zu einer Gelenkwelle ausgleichbar. Es gelten jedoch für einen vollkommenen Bewegungsausgleich folgende Bedingungen:

- gleiche Beugewinkel an beiden Gelenken, also $ß_1 = ß_2$
- die beiden inneren Gelenkgabeln müssen in einer Ebene liegen
- An- und Abtriebswelle müssen ebenfalls in einer Ebene liegen, siehe Bild 29 und Bild 30.

Alle drei Bedingungen müssen immer gleichzeitig erfüllt sein, damit ein Ausgleich des Kardanfehlers möglich ist.
Diese Bedingungen liegen bei den so genannten Z- und W-Anordnungen vor (siehe Bilder 29 und 30). Die bei Z- oder W-Anordnung vorhandene gemeinsame Beugeebene darf um die Längsachse beliebig verdreht sein.

Eine Ausnahme bildet die räumliche Gelenkwellenanordnung, siehe Bild 31.

Bild 29: W-Anordnung der Gelenkwelle ESC-075

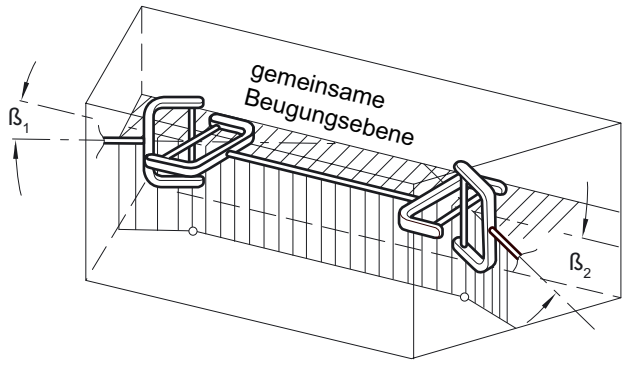
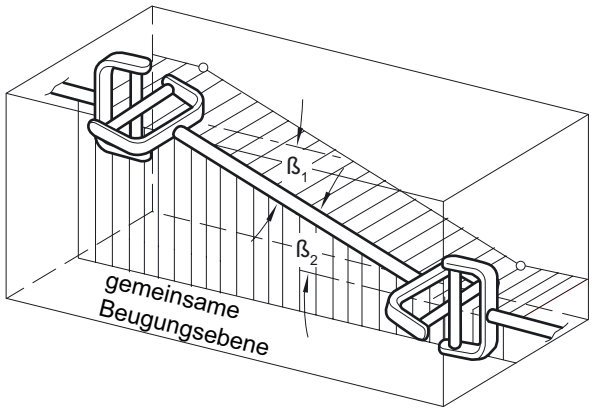


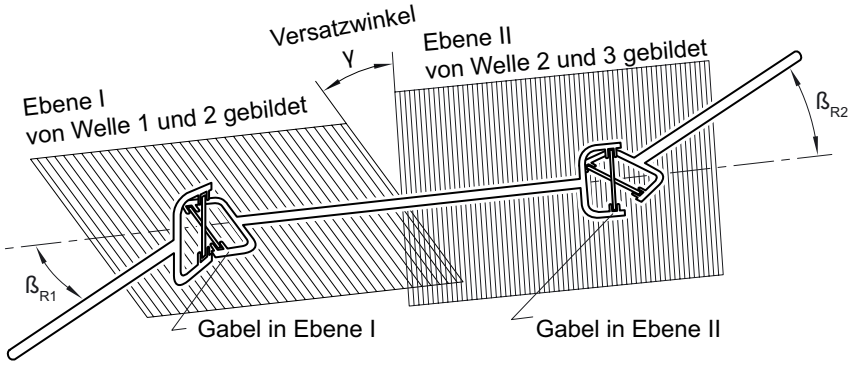
Bild 30: Z-Anordnung der Gelenkwelle ESC-076



4.9.3 Räumliche Gelenkwellenanordnung

Eine räumliche Anordnung liegt immer dann vor, wenn An- und Abtriebswelle nicht in einer Ebene liegen.
An- und Abtriebswelle kreuzen sich räumlich versetzt. Eine gemeinsame Ebene ist nicht vorhanden, deshalb ist zum Ausgleich der Drehzahlschwankungen ein Versatz der inneren Gelenkgabeln um den Winkel „γ“ erforderlich (siehe Bild 31).

Bild 31: Räumliche Gelenkwellenanordnung ESC-077



Es folgt weiterhin die Bedingung, dass der räumliche resultierende Winkel $ß_{R1}$ an der Eingangswelle genauso groß sein muss wie der räumliche Winkel $ß_{R2}$ an der Ausgangswelle.

Also:

$$ß_{R1} = ß_{R2}.$$

Es bedeuten:

$ß_{R1}$ = räumlich resultierender Winkel der Welle 1
$ß_{R2}$ = räumlich resultierender Winkel der Welle 2

Der räumlich resultierende Beugewinkel $ß_R$ ergibt sich aus der vertikalen und horizontalen Beugung der Gelenkwellen und errechnet sich zu:

Formel 10: Räumlich resultierender Beugewinkel

$$\tan^2 ß_R = \tan^2 ß_v + \tan^2 ß_h$$

Der nötige Versatzwinkel γ ergibt sich aus den Horizontal- und Vertikalbeugungswinkeln beider Gelenke:

Formel 11: Versatzwinkel γ

$$\tan \gamma_1 = \frac{\tan ß_{h1}}{\tan ß_{\gamma 1}}; \quad \tan \gamma_2 \frac{\tan ß_{h2}}{\tan ß_{\gamma 2}}; \quad \gamma = \gamma_1 + \gamma_2$$

Es bedeuten:

$ß_R$	=	räumlich result. Beugewinkel
$ß_\gamma$	=	vertikaler Beugewinkel
$ß_h$	=	horizontaler Beugewinkel
γ	=	Versatzwinkel.

Anmerkung:

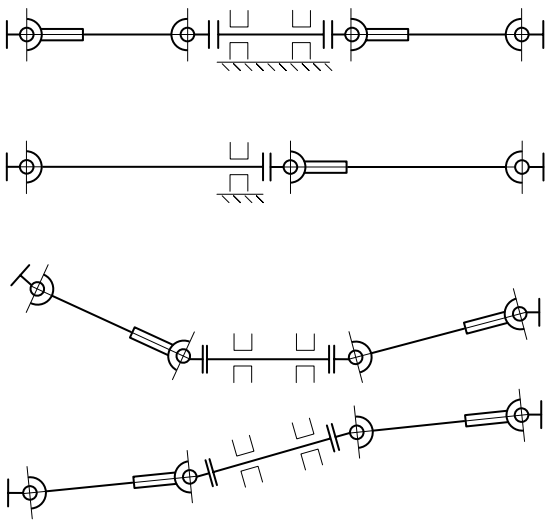
Da bei räumlicher Beugung der Gelenkwelle mit zwei Gelenken lediglich die Forderung nach gleichen räumlich resultierenden Beugewinkeln besteht, können theoretisch aus der Kombination der vertikalen und horizontalen Beugewinkel unendlich viele Anordnungsmöglichkeiten gebildet werden.

Wir empfehlen bei der Bestimmung des Versatzwinkels einer räumlichen Gelenkwellenanordnung die Hersteller zu Rate zu ziehen.

4.9.3.1 Gelenkwellenstrang

Sind aus konstruktiven Gründen größere Längen zu überbrücken, so können Gelenkwellenstränge aus zwei oder mehr Wellen verwendet werden. In Bild 32 sind Grundformen von Gelenkwellensträngen dargestellt, in denen die Stellung der Gelenke und Mitnehmer zueinander willkürlich angenommen wurde. Mitnehmer und Gelenke sind aus kinematischen Gründen aufeinander abzustimmen. Die Gelenkwellenhersteller sind bei der Auslegung anzusprechen.

Bild 32: Gelenkwellenstrang ESC-078

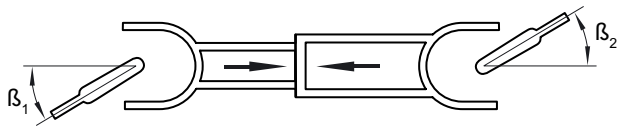


4.9.3.2 Kräfte im Gelenkwellensystem

Beugewinkel in Gelenkwellensystemen bringen zwangsläufig zusätzliche Kräfte und Momente mit sich. Unterliegt eine ausziehbare Gelenkwelle während einer Momentübertragung einer Längsverschiebung, so treten weitere zusätzliche Kräfte auf.

Durch Auseinandernehmen der Gelenkwelle, Verdrehen der beiden Gelenkwellenhälften und anschließendes Zusammenstecken wird die Ungleichförmigkeit nicht ausgeglichen, sondern eher verstärkt. Durch dieses „Probieren“ können Schäden an Gelenkwellen, Lager, Gelenk, Keilwellenprofil und Aggregaten entstehen. Daher sind unbedingt die Markierungen an der Gelenkwelle zu beachten. Diese müssen nach der Montage gegenüberliegen (siehe Bild 33).

Bild 33: Markierung an der Gelenkwelle ESC-079



Vorhandene Wuchtbleche nicht entfernen und Gelenkwellenteile nicht vertauschen, da sonst wieder Unwucht entsteht.
Bei Verlust eines Wuchtbleches oder Austausch von Gelenkwellenteilen ist die Gelenkwelle auszuwuchten.

Trotz gewissenhafter Auslegung eines Gelenkwellensystems können Schwingungen auftreten, die zu Schäden führen können, wenn die Ursache nicht beseitigt wird. Durch geeignete Maßnahmen wie z.B. Einbau von Dämpfern, Verwendung von Gleichlaufgelenken oder auch Änderung des gesamten Gelenkwellensystems und der Massenverhältnisse ist unbedingt Abhilfe zu schaffen.

4.9.4 Änderung der Gelenkwellenanordnung im Triebstrang von MAN-Fahrgestellen

Änderungen am Gelenkwellensystem werden durch Aufbauhersteller in der Regel durchgeführt bei:

- nachträglichen Radstandsänderungen
- Einbau von Retardern.

Dabei ist zu beachten, dass:

- der maximale Beugewinkel jeder Kardanwelle des Triebstrangs im beladenen Zustand in jeder Ebene höchstens 7° betragen darf.
- bei Verlängerung von Gelenkwellen eine Neuauslegung des gesamten Gelenkwellenstrangs durch einen Gelenkwellenhersteller erforderlich ist.
- vor Einbau jede Gelenkwelle auszuwuchten ist.
- jegliche Änderung am Leichtbau-Gelenkwellensystem der Baureihe L2000 4x2 (Definition siehe Kapitel ‚Allgemeines‘) nur von der Fa. Eugen Klein KG (www.klein-gelenkwellen.de) oder deren Beauftragten durchgeführt werden darf.
- beim Einbau von Retardern der Retarderhersteller eine Genehmigung von MAN vorzulegen hat. Dort genannte Angaben sind auch von einbauenden Werkstätten einzuhalten.

4.10 Zentralschmierung

Ab Werk können Fahrgestelle mit Zentralschmieranlagen des Fabrikats BEKA-MAX ausgerüstet werden.
Der Anschluss von Aufbauaggregaten (z.B. Sattelkupplung, Ladekran, Ladebordwand) ist möglich.
Es dürfen dabei nur Pumpenelemente, Progressivverteiler und Dosierventile mit MAN-Sachnummer oder von BEKA-MAX verwendet werden.

Die benötigte Schmiermittelmenge nach:

- Anzahl der Pumpenhübe
- Fördermenge je Hub und
- Pausenzeit zwischen den Hüben

ist durch den Aufbauhersteller vorzunehmen. Keinesfalls darf dabei die für das Fahrgestell erforderliche Menge
(= Grundeinstellung ab Werk) unterschritten werden. Die Anleitung von BEKA-MAX ist zu beachten,
Bezug über den MAN-Ersatzteildienst (Sachnummer bei deutscher Sprache 81.99598.8360) oder über BEKA-MAX.

4.11 Fahrerhaus ändern

4.11.1 Allgemeines

Fahrerhausänderungen sind grundsätzlich durch MAN, Abt. ESC zu genehmigen (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“).
Höchste Priorität haben Sicherheitsanforderungen, so darf die Sicherheit der Insassen auf keinen Fall durch die erfolgten Änderungen in Mitleidenschaft gezogen werden. Der Fahrkomfort soll erhalten bleiben.

Kippbare Fahrerhäuser dürfen in ihrer Kippbarkeit nicht unnötig beeinträchtigt werden. Zu beachten ist daher der Radius, den die Fahrerhauskontur während des Kippvorganges beschreibt. Kippradien sind in den Fahrgestellzeichnungen dargestellt. Fahrgestellzeichnungen sind erhältlich über unser Online-System MANTED® (www.manted.de) oder per Telefaxbestellung bei Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“).

4.11.2 Fahrerhäuser verlängern

Bei Kompakt- und Nahverkehrsfahrerhäusern besteht die Möglichkeit, einen Fahrerhausansatz wahlweise mit oder ohne Windschutzscheibe zu liefern.

Der Fahrerhauslieferumfang besteht dann aus folgenden Teilen:

Bodengruppe

- Vorderwand mit Windschutzscheibe
- Seitenwände mit Türen
- hintere Ecksäulen
- Rückwandunterteil mit Fahrerhausverriegelung
- Armaturen, Ablagen im unteren Bereich, Sitze mit Sicherheitsgurten
- Fahrerhauslagerung und Kippeinrichtung des serienmäßigen Fahrerhauses.

Zusätzlich kann ab Werk bezogen werden:

- Kraftstofftank für Mannschaftskabine
- provisorische Batteriebefestigung zur Überführung einschließlich Batteriekabelverlängerung
- Beistellpaket für Mannschaftskabine (mit gleichen Schlössern wie Fahrerhausansatz sowie Türgriffen und Fensterhebern mit MAN-Teilen).

Der Aufbauer muss:

- die Fahrerhauslagerung neu auslegen
- die Serienfahrerhaus-Längsträger verstärken
- den Kühlwasserausgleichsbehälter versetzen. Dabei muss der Kühlmittelpegel höher als Oberkante Motor liegen und Passagiere dürfen keiner Gefahr durch heißes Kühlmittel ausgesetzt werden.
- Ölmessstab (Füllhöhe beachten) und Öleinfüllstutzen passend zu seiner Fahrerhausänderung versetzen.
- für eine ausreichende Kippmöglichkeit sorgen. Das Fahrerhaus muss durch eine hydraulische Kippeinrichtung gekippt werden können. Empfohlen wird ein Mindestkippwinkel von 30°. Gekippte Fahrerhäuser sind ausreichend zu sichern.
- eine Betriebsanleitung erstellen
- die geänderten Schwerpunktverhältnisse und Aufbaulängen berücksichtigen
- für die Ermittlung der neuen technischen Daten des Gesamtfahrzeugs sorgen
- die Gewährleistung für seinen Lieferumfang und dessen mögliche Auswirkungen übernehmen.

Für die feste Verbindung von Fahrerhäusern mit Aufbauten hat MAN eigene Fahrgestelle mit Fahrerpodest entwickelt.
Diese haben die Modellbezeichnung FOC, z.B. 8.163 FOC. Für die FOC-Fahrgestelle gibt es von NEOMAN eigene Aufbaurichtlinien die bei MAN, Abteilung BVT erhältlich sind.

4.11.3 Spoiler, Aero-Paket

Der nachträgliche Aufbau eines Dachspoilers oder eines Aero-Paketes ist möglich. Es besteht Liefermöglichkeit ab Werk, Original-MAN-Spoiler und Aero-Paket können aber auch über unseren Ersatzteildienst zum nachträglichen Aufbau bezogen werden. Auf dem Fahrerhausdach dürfen nur die hierfür vorgesehenen Befestigungspunkte und die Regenrinne verwendet werden. Auf ausreichende Klemmlängen (Regenrinne) ist zu achten. Zusätzliche Bohrungen im Fahrerhausdach sind nicht zulässig.

4.11.4 Dachschlafkabinen und Hochdächer

4.11.4.1 Grundsätze für den Aufbau von Dachkabinen

Unter folgenden Voraussetzungen ist der Aufbau von Dachschlafkabinen (Topsleeper) bzw. Hochdächern möglich:

- Bei MAN ist eine Aufbaugenehmigung einzuholen. Dies ist Sache des Herstellers der Dachkabine und nicht der aufbauenden Werkstatt. Es gilt Abschnitt 4.7 ‚Nachträglicher Einbau von Aggregaten' in diesem Kapitel.
- Für die Erfüllung der Vorschriften (insbesondere Sicherheitsvorschriften, z.B. berufsgenossenschaftliche Richtlinien), Verordnungen und Gesetze (z.B. GGVS) ist der Hersteller der Dachkabine zuständig.
- Eine Aufstellsicherung (verhindert selbständiges Zuklappen des Fahrerhauses im gekippten Zustand) ist zu montieren.
- Weicht die Bedienung des Kippvorganges vom serienmäßigen MAN-Fahrerhaus ab, so ist eine leicht verständliche und umfassende Betriebsanleitung zu erstellen.
- Für das aufgebaute Fahrerhaus sind die Maßangaben für den resultierenden Fahrerhaus-Schwerpunkt einzuhalten und nachzuweisen, siehe Bild 34.
- Die für den Aufbau einer Dachkabine geeignete Fahrerhauslagerung nach Tabelle 24 muss im Fahrzeug vorhanden sein oder zum Dachkabinenaufbau nachträglich eingebaut werden. Die in Tabelle 24 genannten Auflagen und Maximalgewichte sind einzuhalten.

Bild 34: Fahrerhausschwerpunkt mit Dachschlafkabine ESC-110

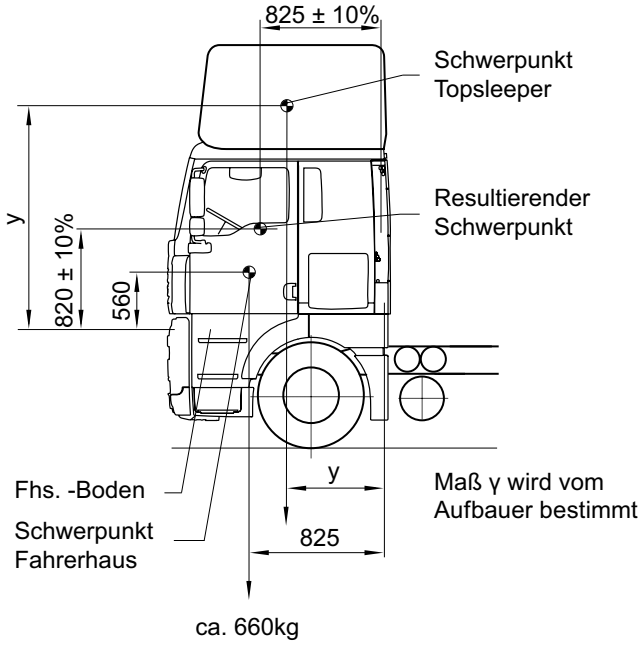


Tabelle 24: Fahrerhauslagerung für Dachkabinenaufbau, Maximalgewichte der Auf- / Einbauten

Baureihe	Typnummer	Fahrerhaus	erforderliche Ausstattung	Maximalmasse einschl. Einrichtung
L2000	L20 - L36	Kompakt (**K**) kurz	Fahrerhauslagerung für Aufbau Topsleeper	120 kg
		Mittel (**M**); Doppelkabine (**D**)	**nicht möglich**	
M2000L	L70 - L95	Kompakt (**K**) kurz	Fahrerhauslagerung für Aufbau Topsleeper	120 kg
		Mittel (**M**); Doppelkabine (**D**)	**nicht möglich**	
M2000M	M31 - M44	Nahverkehr (**N**) kurz	Fahrerhauslagerung für Aufbau Topsleeper	130 kg
		Fernverkehr (**F**) lang	Fahrerhauslagerung luftgefedert für Aufbau Topsleeper	200 kg
F2000	T01 - T78	Nahverkehr (**N**) kurz	Fahrerhauslagerung für Aufbau Topsleeper	130 kg
		Großraum (**G**) lang	Fahrerhauslagerung luftgefedert für Aufbau Topsleeper	200 kg

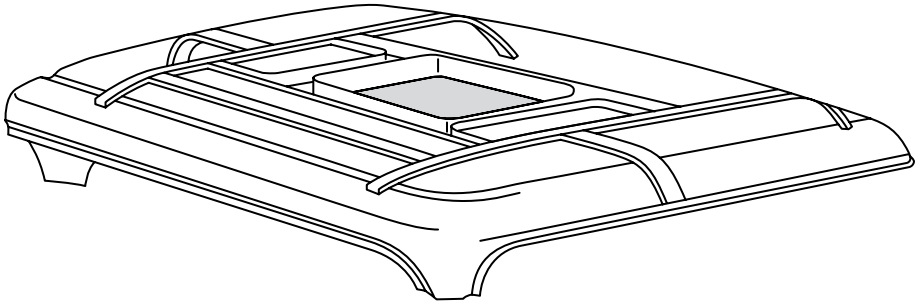
Eine nachträgliche Umrüstung für den Aufbau von Dachkabinen ist möglich.
Die dafür notwendigen Teile der Fahrerhauslagerung und -kippeinrichtung sind über den MAN-Ersatzteildienst zu beziehen.

4.11.4.2 Dachöffnungen

Nachfolgende Hinweise für Durchstiegsöffnungen im Dach gelten sinngemäß auch für die Ausführung sonstiger Dachöffnungen, z.B. für den Einbau von Glasdächern oder Schiebedächern.

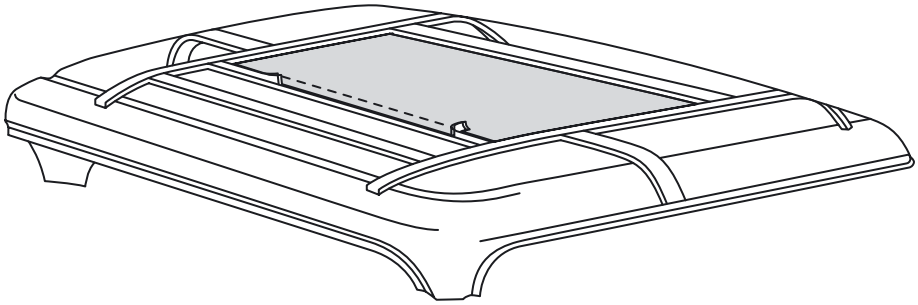
Für den Aufbau einer Dachkabine darf die vorhandene Öffnung im Fahrerhausdach als Durchstiegsöffnung verwendet werden, siehe Bild 35. Das serienmäßige Dachgerippe und der serienmäßige Ausschnitt im Dachblech sind unverändert zu belassen.

Bild 35: Durchstiegsöffnung normal ESC-146



Eine Vergrößerung der Durchstiegsöffnung ist unter Berücksichtigung der Vorgaben nach Bild 36 zulässig.
Müssen Längs- oder Querspriegel ersatzlos entfernt werden, so muss der verbleibende Dachrahmen mit geeigneten Verstärkungsmitteln (z.B. wie Hochdachausführung Original-MAN) versteift werden, damit zwischen Dach, Vorderwand, Seitenwänden und Rückwand ein stabiler Verbund besteht.

Bild 36: Durchstiegsöffnung vergrößert ESC-145



4.12 Achsführung, Federung, Lenkung

4.12.1 Allgemeines

Eingriffe an Teilen der Achsführung und Lenkung wie z.B. an Lenkern, Lenkhebeln, Federn, sowie deren Halterungen und Befestigungen am Rahmen, sind nicht erlaubt.

Teile der Federung oder Federblätter dürfen nicht abgeändert oder entfernt werden.

Blattfedern dürfen nur als komplettes Ersatzteil und paarweise (links und rechts) getauscht werden.
Die Ersatzteilnummer der Blattfeder muss auf dem ALB-Schild aufgelistet sein, sonst ist ein neues ALB-Schild mit entsprechender ALB-Einstellung erforderlich.

4.12.2 Stabilität, Seitenneigung

Serienmäßige Stabilisatoren dürfen nicht entfernt oder geändert werden.

Hohe Schwerpunktlagen machen u.U. zusätzliche Stabilisierungsmaßnahmen erforderlich.

Als hohe Schwerpunktlage gilt ein Schwerpunkt von Nutzlast und Aufbau von > 1000 mm über Rahmenoberkante bei L2000, bei allen anderen Fahrzeugen von > 1200 mm über Rahmenoberkante.

Je nach Baureihe und Ausführung besteht die Möglichkeit, zusätzliche Stabilisierungsmaßnahmen ab Werk zu liefern.

Hierzu zählen:

- verstärkte Dämpfer
- Federn mit höherer Federrate
- zusätzliche und verstärkte Stabilisatoren.

Eine exakte rechnerische Bestimmung, ab welcher Schwerpunktlage zusätzliche Stabilisierungsmaßnahmen erforderlich sind, kann nicht gegeben werden.

Begründung:

Bei den üblichen Rechenbedingungen wird von einer stationären Kreisfahrt ausgegangen. Fahrsituationen, die zum Kippen führen, sind jedoch ganz anders als eine stationäre Kreisfahrt.

Die Abweichungen hiervon sind:

- Die stationäre Kreisfahrt wird bei den im Straßenverkehr vorkommenden Richtungsänderungen selten erreicht.
- Die Richtungsänderungen sind zu gering und auch zeitlich zu kurz um eine stationäre Fahrzeugseitenneigung zu ermöglichen.
- Die Wankschwingungen aus dem Kurveneinlauf klingen im Verlauf einer Kurvenfahrt nicht ab.
- Bodenunebenheiten und Änderungen der Fahrbahnneigung erzeugen zusätzliche Wankschwingungen.
- Lenkkorrekturen im Kurvenverlauf führen zu Seitenbeschleunigungsspitzen, die ebenfalls Wankschwingungen erzeugen.

Die Lenkparameter, welche für die Fahrzeugreaktionen auf äußere Einflüsse hin verantwortlich sind, haben ähnlich vielfältige Auswirkungen auf die Kippstabilität eines Fahrzeuges.

Die wichtigsten Einflussfaktoren sind:

- die von einer linearen Federkennlinie abweichenden zusammengesetzten Federkennlinienverläufe einschließlich ihrer Begrenzungen.
- die Dämpfungen nach Art und Intensität im Hinblick auf die Wankschwingungsdämpfung.
- die Reifenfederkennlinien in vertikaler und horizontaler Richtung.
- die Verdrehsteifigkeit von Rahmen und Aufbau.
- die Verteilung der Fahrzeugstabilisierung auf die einzelnen Achsen.

Theoretisch ist die Berechnung der Kippstabilität an einem Fahrzeug möglich, wenn folgende Punkte bekannt sind:

- alle vorgenannten Fahrzeugparameter
- der Beladungszustand
- der zu fahrende Kurvenverlauf
- alle Fahrerreaktionen
- alle Fahrbahnunebenheiten
- alle Fahrbahnneigungsänderungen
- der Geschwindigkeitsverlauf.

Alle Versuche einer vereinfachten Rechnung sind nicht zuverlässig und führen zu unbrauchbaren Ergebnissen.
Es kann von MAN keine Garantie für eine bestimmte mögliche Kurvenkippgeschwindigkeit gegeben werden.

4.13 Rahmenanbauteile

4.13.1 Unterfahrschutz

Fahrgestelle können ab Werk mit hinterem Unterfahrschutz geliefert werden. Wahlweise kann die Montage ab Werk entfallen, das Fahrgestell erhält dann für die Überführung zum Aufbauhersteller einen sog. „verlorenen Leuchtenträger“.
Der Aufbauhersteller muss dann selbst einen den Vorschriften genügenden Unterfahrschutz montieren.

Unterfahrschutzeinrichtungen von MAN haben eine Bauartgenehmigung gemäß Richtlinie 70/221/EWG bzw. ECE-R 58.

Dies ist erkennbar:

- an der Typnummer und
- am Typenzeichen des Unterfahrschutzes.

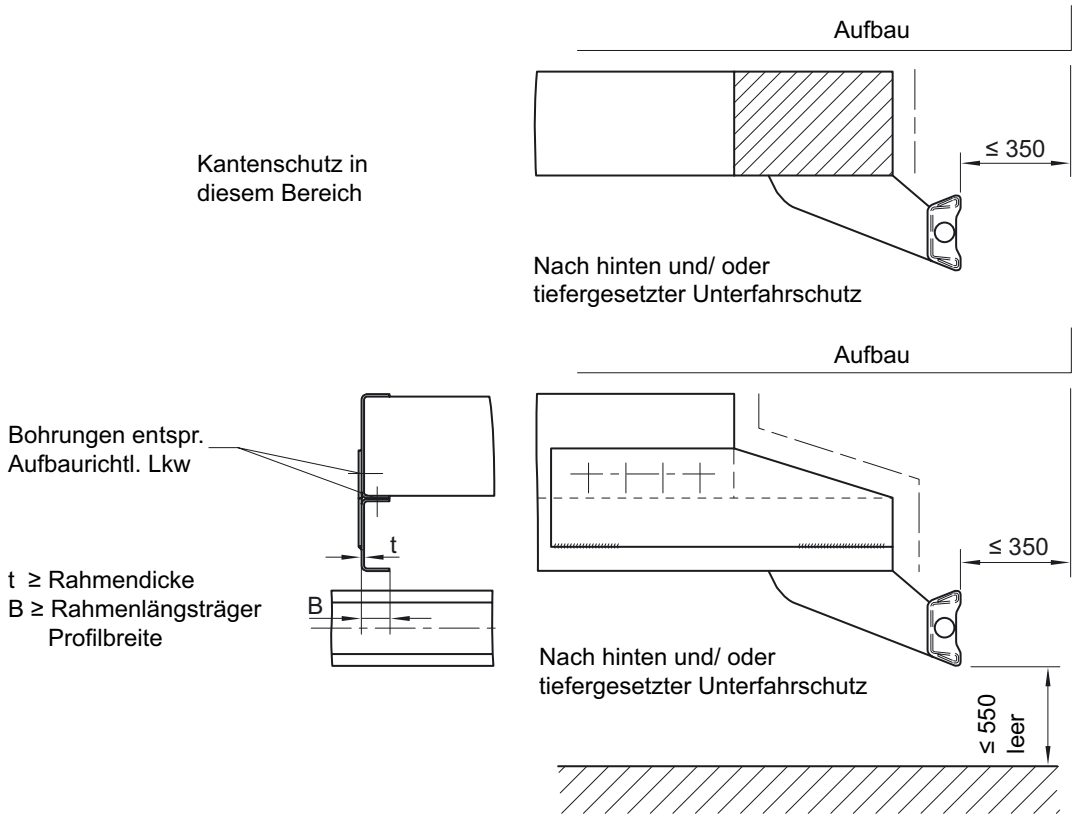
Typnummer und Typenzeichen sind auf einem Aufkleber am Unterfahrschutz vermerkt.

Der MAN-Unterfahrschutz nach EG/ECE weist folgende maßlichen Vorschriften auf (siehe auch Bild 37):

- Der waagrechte Abstand der Unterfahrschutz-Hinterkante von der Fahrzeug-Hinterkante (hinterste Kante) darf 350mm nicht überschreiten. Dieser Wert berücksichtigt die unter Prüflast auftretende Verformung (nach 70/221/EWG werden 400 mm im verformten Zustand gestattet).
- Der Abstand der Unterfahrschutz Unterkante zur Fahrbahn darf bei leerem Fahrzeug maximal 550 mm betragen.
- Fahrzeuge, die zu Aufbauherstellern oder ins Ausland überführt werden, sind aufgrund einer Ausnahmegenehmigung von der Ausrüstung mit einem Unterfahrschutz befreit.

Der Aufbauhersteller muss die Einhaltung der Vorschriften sicherstellen, weil die Maße aufbauabhängig sind.

Bild 37: Anordnung Unterfahrschutz ESC-056



4.13.2 Seitliche Schutzvorrichtung SSV

Alle Lkw, Zugmaschinen und deren Anhänger mit einem zulässigen Gesamtgewicht > 3,5 t und einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von mehr als 25 km/h müssen eine seitliche Schutzeinrichtung (= SSV) aufweisen (auch Fahrzeuge die durch die Bauart des Fahrgestells den Lkw und Zugmaschinen gleichzusetzen sind).

Für den Lkw-Bereich ausgenommen sind:

- Fahrzeuge, die noch nicht komplett hergestellt sind (Fahrgestelle zur Überführung)
- Sattelzugmaschinen (nicht Sattelanhänger)
- Fahrzeuge, die für Sonderzwecke gebaut wurden, wobei eine seitliche Schutzvorrichtung mit dem Verwendungszweck des Fahrzeugs unvereinbar ist.

Als Fahrzeuge für Sonderzwecke gelten in diesem Zusammenhang vor allem Fahrzeuge mit seitlich kippbarem Aufbau. Dies gilt nur dann, wenn sie zu den Seiten kippen und eine lichte Innenlänge des Aufbaus von ≤ 7.500 mm haben. Welche Kipper eine seitliche Schutzvorrichtung brauchen und welche nicht, nennt Tabelle 25.

Tabelle 25: Ausrüstungspflicht von Kippern mit SSV

Kippbrückenlänge	≤ 7.500	> 7.500
Hinterkipper	ja	ja
Abroll-/ Absetzkipper	ja	ja
Zweiseitenkipper	nein	ja
Dreiseitenkipper	nein	ja

Weder Fahrzeuge für den kombinierten Verkehr noch geländegängige Fahrzeuge sind grundsätzlich von der Ausrüstungspflicht mit SSV befreit.

Für Fahrgestelle die der Aufbauhersteller mit einer seitlichen Schutzvorrichtung versieht, gibt es von MAN Profile, Profilstützen und Montageteile in verschiedenen Ausführungen. Bezugsmöglichkeit besteht über den Ersatzteildienst. Als Hilfe zur Auslegung wurden maximale Stütz- und Überkragweiten anhand eines Mustergutachtens festgelegt, für die die Vorschriften bezüglich der Festigkeit erfüllt sind (Erklärung der Maße in Bild 38 und Bild 39). Maßkombinationen aus Stützweite „l“ und Überkragweite „a“ sind dem Diagramm in Bild 40 zu entnehmen. Werden die nach Gutachten zulässigen Maße überschritten, so hat der Aufbauer für eine Festigkeitsprüfung zu sorgen.

Die Bilder verdeutlichen lediglich die Maße, bei denen die MAN-SSV die Festigkeitsvorschriften erfüllt. Es werden bewusst nicht sonstige gesetzliche Vorschriften angegeben, weil für deren Einhaltung der Betrieb verantwortlich ist, der die SSV montiert. Weitere Auskunft erteilt die Richtlinie 89/297/EWG und in Deutschland der §32c StVZO.

Bild 38: Seitliche Schutzvorrichtung an L2000- und M2000-Fahrzeugen ESC 201

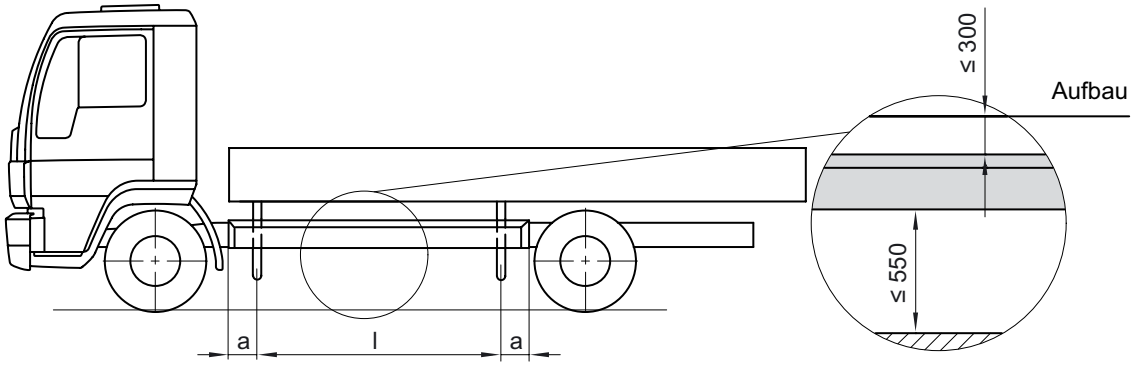


Bild 39: Seitliche Schutzvorrichtung an M2000- und F2000-Fahrzeugen ESC 200

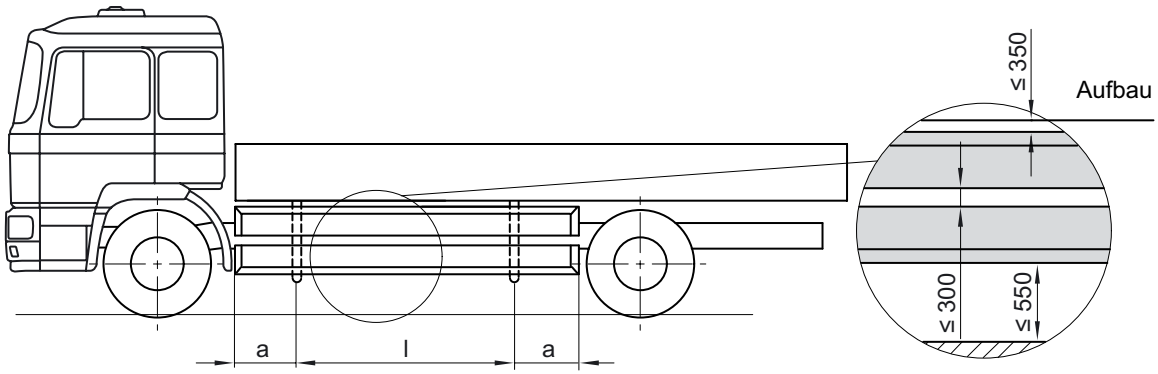
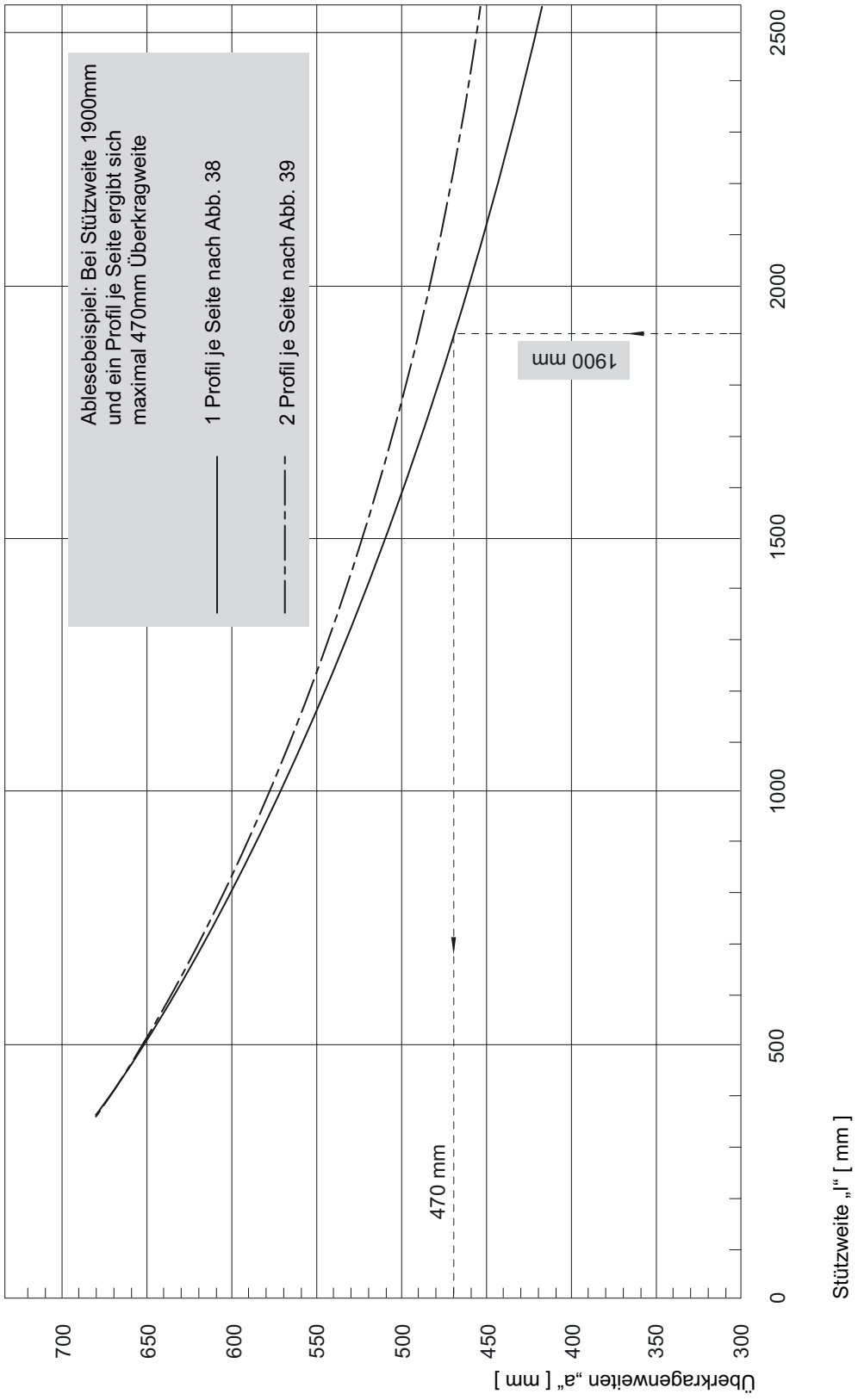


Bild 40: Diagramm zur Ermittlung der Stütz- und Überkragweiten ESC-140

Maximale Überkragenweiten „a“ in Abhängigkeit der Stützweite „l“



Wie aus den Bildern ersichtlich ist, gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten der Profilanordnung. L2000-Typen erhalten je Seite ein Profil, bei Fahrzeugen der M2000L- oder M2000M-Reihe müssen je nach Größe der Räder entweder ein oder zwei Profile verwendet werden. Alle F2000-Typen sind mit zwei Profilen pro Seite auszustatten (Definition der Baureihen siehe Kapitel 3 ‚Allgemeines'). Tabelle 26 definiert, welche Fahrzeuge mit welcher Profilanordnung auszuführen sind.

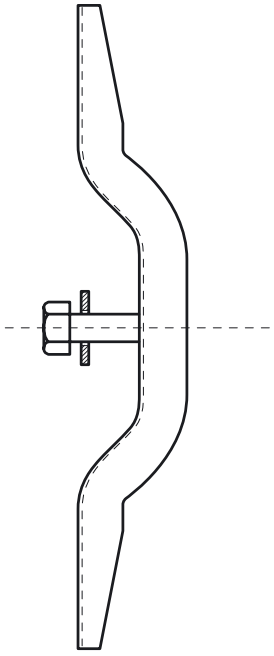
Tabelle 26: Profilanordnung und Anzahl

Baureihe	Radgröße	Anzahl Profile je Seite
L2000	alle	1
M2000L, M2000M	17,5“ 19,5“ 22,5“	1 1 2
F2000	alle	2

An der seitlichen Schutzvorrichtung dürfen keine Brems-, Luft- und Hydraulikleitungen befestigt werden (siehe auch Kapitel ‚Elektrik', Leitungen'). Bei abgerundeten Bolzen und Nieten sind maximal 10mm Überstand erlaubt; der Abrundungsradius für alle vom Aufbauer zugeschnittenen Teile muss mindestens 2,5mm betragen.

Wird ein Fahrzeug umbereift oder erhält es andere Federn, sind die Höhenmaße der Schutzvorrichtung zu überprüfen und, falls erforderlich, zu korrigieren. Die von MAN lieferbaren Halterungen erlauben hierzu ein Verstellen des Schutzprofils. Eine leichte Komplett-Demontage ist dadurch gegeben, dass mit Lösen einer zentralen Schraube pro ‚Omega-Halter' jeweils die gesamte Schutzvorrichtung samt Halterungen abgebaut werden kann (siehe Bild 41).

Bild 41: Demontage seitliche Schutzvorrichtung mit zentraler Schraube am Omega-Halter ESC-154



4.13.3 Ersatzrad

Das Ersatzrad kann seitlich am Rahmen, am Rahmenende oder am Aufbau angebracht werden, sofern der notwendige Raum hierfür vorhanden ist und die jeweiligen nationalen Vorschriften dies zulassen.

In jedem Fall gilt es,

- gesetzliche Vorschriften und Richtlinien zu beachten.
- das Ersatzrad (bzw. Ersatzradaufzug) muss gut zugänglich und einfach bedienbar sein.
- eine zweifache Sicherung gegen Verlieren vorzusehen.
- den Reseveradaufzug gegen Verlieren zu sichern, Abschnitt 4.5.1 ‚Niet- und Schraubverbindungen' beachten (mechanische Losdrehsicherung, Ripp-Schrauben/ -muttern).
- von der Auspuffanlage ein Mindestabstand von ≥ 200 mm bei Montage eines Wärmeabschirmblechs ≥ 100 mm einzuhalten.

Wird ein Ersatzrad am Rahmenende montiert, so ist der verminderte hintere Überhangwinkel zu beachten.
Hilfsrahmen dürfen wegen der Ersatzradunterbringung nicht unterbrochen, gekröpft oder seitlich ausgebogen sein.

4.13.4 Unterlegkeile

In Deutschland schreibt der §41 StVZO die Ausrüstung mit Unterlegkeilen vor, entsprechende Vorschriften in anderen Ländern sind zu beachten:

Gemäß §41 StVZO Abs. 14 sind vorgeschrieben:

1. Unterlegkeil bei:

- Kraftfahrzeugen mit einem zulässigen Gesamtgewicht von mehr als 4 t
- zweiachsigen Anhängern - ausgenommen Sattel- und Starrdeichselanhänger (einschließlich Zentralachsanhänger) - mit einem zulässigen Gesamtgewicht von mehr als 750 kg.

2. Unterlegkeile bei:

- drei- und mehrachsigen Fahrzeugen
- Sattelanhängern
- Starrdeichselanhängern (einschließlich Zentralachsanhänger) mit einem zulässigen Gesamtgewicht von mehr als 750 kg.

Unterlegkeile müssen sicher zu handhaben und ausreichend wirksam sein. Sie müssen im oder am Fahrzeug leicht zugänglich mit Halterungen angebracht sein, die ein Verlieren und Klappern ausschließen.

Haken oder Ketten dürfen als Halterungen nicht verwendet werden.

4.13.5 Kraftstoffbehälter

Sofern die Platzverhältnisse es zulassen, können Kraftstoffbehälter versetzt und/ oder zusätzliche Kraftstoffbehälter montiert werden. Es ist auf eine möglichst gleichmäßige Radlast zu achten (siehe Kapitel 3 ‚Allgemeines'), gegebenenfalls sind sie gegenüberliegend, also links und rechts am Rahmen, zu montieren. 1500 Liter Behältervolumen je Fahrzeug ist das Maximum.
Das Tiefersetzen von Kraftstoffbehältern ist ebenfalls möglich. Wird die Bodenfreiheit durch den versetzten Kraftstoffbehälter beeinflusst, dann muss eine Schutzeinrichtung gegen Beschädigung des Kraftstoffbehälters vorhanden sein.

Kraftstoffleitungen sind einwandfrei zu verlegen. Temperaturen im vorgesehenen Einsatzgebiet sind zu berücksichtigen.
Für den Einsatz bei tiefen Temperaturen ist die Kraftstoffrückführleitung direkt neben den Saugbereich zu legen.
Dies wärmt den Saugbereich und ist ein wirksames Mittel gegen das Versulzen (Paraffinausscheidung) des Kraftstoffs.

4.13.6 Flüssiggasanlagen und Zusatzheizungen

Gegen den fachgerechten nachträglichen Einbau von Flüssiggasanlagen für den Betrieb von

- Heizanlagen
- Kochanlagen
- Kühlanlagen usw.

bestehen von MAN keine Einwände.

Der Einbau muss jedoch den jeweils gültigen nationalen und internationalen Vorschriften/ Normen entsprechen, Beispiele (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

- Flüssiggasanlagen zu Brennzwecken in Fahrzeugen = §29 der Unfallverhütungsvorschrift VBG 21 Verwendung von Flüssiggas
- §41a STVZO Druckgasanlagen und Druckbehälter
- Druckbehälterverordnung (DruckbehV)
- Gerätesicherheitsgesetz (GSG)
- Arbeitsblatt G607 des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfachs (DVGW)
- Europanorm EN 1949.

Die Montage der Gasflaschen muss an sicherer Stelle erfolgen. Gasflaschen oder der Flaschenschrank dürfen nicht über die Rahmenoberkante ragen.

Die Hersteller von Zusatzheizungen haben eigene Vorschriften für Montage und Betrieb. MAN lässt nur solche Zusatzheizungen zu, für die auch eine Bauartgenehmigung vorliegt.

Der Einbau von Flüssiggasanlagen kann die Einsatzmöglichkeit des Fahrzeugs beeinträchtigen, weil z.B. in manchen Ländern das Befahren von geschlossenen Räumen, z.B. Hallen und Werkstätten, nicht erlaubt ist.

Weitere Vorschriften, die länderspezifisch sein können, sind zu berücksichtigen. Dies gilt besonders für Fahrzeuge, die Gefahrguttransporte durchführen.

4.14 Gasmotor: Behandlung der Hochdruck-Gasanlage

MAN hat in seinem Fahrzeugprogramm Lkw-Fahrgestelle, die mit Erdgas (hier **CNG** = **c**ompressed **n**atural **g**as = komprimiertes Erdgas) betrieben werden. Der Motor ist ein Viertakt-Otto-Gasmotor, also ein Fremdzündungsmotor mit einer kontaktlosen Transistor-Zündanlage, Zündverteiler und Zündkerzen. Die Gemischaufbereitung erfolgt durch Gemischbildung (außerhalb des Brennraums) im zentralen Gasmischer. Eine Abgasnachbehandlung über einen geregelten 3-Wege-Katalysator und elektrisch beheizter Lambda-Sonde ist obligatorisch. Auch für den CNG-Motor gibt es eine Schnittstelle für Zwischendrehzahlen, deren Beschreibung bei Abt. ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“) erhältlich ist.

Der Aufbauhersteller muss zusätzlich zu Fahrzeugen mit herkömmlichem Dieselmotor folgende **Sicherheitshinweise unbedingt beachten:**

- Abstell- und Werkstatthallen müssen die erforderliche Ausrüstung haben, damit Gasfahrzeuge sich innerhalb von Gebäuden befinden dürfen. Auskunft erteilen: Baubehörden, Gefahrgutsachverständige der technischen Prüfstellen (in Deutschland z.B. DEKRA, GTÜ, TÜV).
- Bei Arbeiten an der elektrischen Anlage sind aus Sicherheitsgründen grundsätzlich die Batterien abzuklemmen, dabei vor dem Abklemmen der Batterien Batteriekasten gründlich auslüften (Knallgas), ggf. mit Druckluft ausblasen.
- Die Druckgasbehälter haben zum Schutz vor Explosion eine Überdrucksicherung.
  Diese entlüftet die Hochdruckgasanlage bei zu hoher Temperatur und/ oder zu hohem Druck, deshalb dürfen keinesfalls Temperaturen > 80°C auftreten (z.B. bei Lackierarbeiten).
  Lacke und Trockentemperaturen siehe auch Kapitel 4.2 Korrosionsschutz. Bei Lacktrocknung bis max. 80°C dürfen die Druckgasbehälter nur bis max. 100 bar gefüllt sein.
- Keinerlei Bauteile oder Leitungen an Ausrüstungsteilen der Druckgasanlage befestigen.

- Änderungen der Druckgasanlage darf ausschließlich der Hersteller vornehmen.
  Vor einer Änderung ist ein Sachverständiger anzuhören, nach Durchführung muss eine erneute Abnahme durch den Sachverständigen erfolgen (z.B. in Deutschland nach §14 GSG).
- Instandsetzung, Wartung, Montage- und sonstige Arbeiten an der Druckgasanlage nur durch autorisiertes und geschultes Fachpersonal.
- Unter Druck stehende Rohrleitungen dürfen nicht nachgezogen oder gelöst werden. **EXPLOSIONSGEFAHR!**
- Ausführung von Schweißarbeiten am Fahrzeug bei gefüllten Druckgasbehältern sind verboten! **EXPLOSIONSGEFAHR!**

Vor Schweißarbeiten am Fahrzeug die gesamte Gasanlage einschließlich der Druckgasbehälter belüften und die Druckgasbehälter mit inertem Gas, z.B. Stickstoff (N2) befüllen. Dabei darf nicht in die Atmosphäre entlüftet werden sondern das Erdgas muss durch Entsorgungsleitungen abgeleitet werden.

4.15 Änderungen am Motor

4.15.1 Luftansaugung, Abgasführung

Das Ansaugen der Luft und die Ableitung der Abgase muss ungehindert erfolgen können.
Der Unterdruck in der Ansaugleitung sowie der Gegendruck im Auspuff dürfen sich nicht verändern.

Deshalb gilt bei Änderungen an der Luftansaugung und/ oder der Abgasführung:

- Querschnitte in Form und/ oder Fläche keinesfalls verändern.
- Schalldämpfer oder Luftfilter nicht modifizieren.
- Bei Biegungen muss der Biegeradius mindestens dem doppelten Rohrdurchmesser entsprechen.
- Nur stetige Biegungen, also keine Gehrungsschnitte.
- MAN kann keine Auskunft über Verbrauchsänderungen oder über das Geräuschverhalten machen, u.U. ist eine erneute Geräuschabnahme erforderlich.
- Wäremeempfindliche Teile (z.B. Leitungen, Reserveräder) müssen einen Mindestabstand von ≥ 200 mm zum Auspuff haben, zu Wärmeabschirmblechen ≥ 100 mm.

4.15.2 Motorkühlung

- Das Kühlsystem (Kühler, Kühlergrill, Luftkanäle, Kühlkreislauf) darf nicht verändert werden.
- Ausnahmen nur mit Genehmigung durch MAN, Abt. ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“).
- Änderungen am Kühler, die die Kühlfläche verringern, sind nicht genehmigungsfähig.

Für den überwiegend stationären Betrieb oder Einsatz in klimatisch ungünstigeren Zonen ist u.U. ein Kühler mit größerer Leistung erforderlich. Auskunft über die Liefermöglichkeit für das jeweilige Fahrzeug gibt die nächstliegende MAN-Verkaufsniederlassung; für nachträglichen Einbau die nächstliegende MAN-Service-Niederlassung oder MAN-Vertragswerkstatt.

4.15.3 Motorkapsel, Geräuschdämmung

Eingriffe und Änderungen an einer ab Werk vorhandenen Motorkapsel, sind nicht zulässig. Sind Fahrzeuge als „lärmarm“ oder „geräuscharm“ definiert, so verlieren sie aufgrund der nachträglichen Eingriffe u.U. ihren Status. Die Wiedererlangung des zuvor vorhandenen Status ist dann Sache des Betriebes, der die Änderung durchgeführt hat.

Beim Einsatz von Nebenabtrieben in Verbindung mit Motorkapsel siehe auch Heft ‚Nebenabtriebe‘.

4.16 Verbindungseinrichtungen

4.16.1 Allgemeines

Soll der Lkw Lasten ziehen, muss die notwendige Ausrüstung vorhanden und zugelassen sein. Die Erfüllung der vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Mindestmotorleistung und/ oder der Einbau der richtigen Anhängekupplung geben noch keine Gewähr dafür, dass der Lkw zum Ziehen von Lasten geeignet ist.

Rückfragen bei MAN, Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“) sind dann notwendig, wenn das serienmäßige oder ab Werk zugelassene Zuggesamtgewicht geändert werden soll.

Es dürfen nur die von MAN freigegebenen Anhängekupplungen verwendet werden. Eine Freigabe durch Überwachungsorganisationen oder Prüfinstitute bedeutet nicht, dass der Fahrzeughersteller ebenfalls eine Freigabe erteilt hat oder erteilen wird.
Eine Übersicht der freigegebenen Anhängekupplungen und den dazugehörigen Einbauzeichnungen ist in Tabelle 29 dargestellt.

Beim Rangieren darf keine Kollision mit dem Anhänger eintreten. Daher genügend Deichsellänge wählen. Zu beachten sind auch die nationalen Vorschriften, in Deutschland z. B. die „Technischen Anforderungen an Fahrzeugteile bei der Bauartprüfung“ nach §22a StVZO. Hier im besonderen Nr. 31 „Einrichtungen zur Verbindung von Fahrzeugen“ (=TA31).

Die erforderlichen Freiraummaße sind zu berücksichtigen: In Deutschland die Unfallverhütungsvorschrift „Fahrzeuge“ (=VBG-12) und DIN 74058 bzw. die EG-Richtlinie 94/20/EG.

Grundsätzlich ist der Aufbauhersteller verpflichtet, den Aufbau so zu gestalten und aufzubauen, dass eine ungehinderte und ungefährdete Bedienung bzw. Überwachung des Kuppelvorganges möglich ist. Die Freigängigkeit der Anhängerdeichsel muss gewährleistet sein.

Bei seitlichem Anbau von Kupplungsköpfen und Steckdosen (z. B. am Schlussleuchtenhalter der Fahrerseite) ist vom Anhängerhersteller und vom Betreiber besonders auf ausreichende Leitungslängen für Kurvenfahrt zu achten.

Bild 42: Freiraum für Anhängekupplungen nach VBG-12 ESC-006

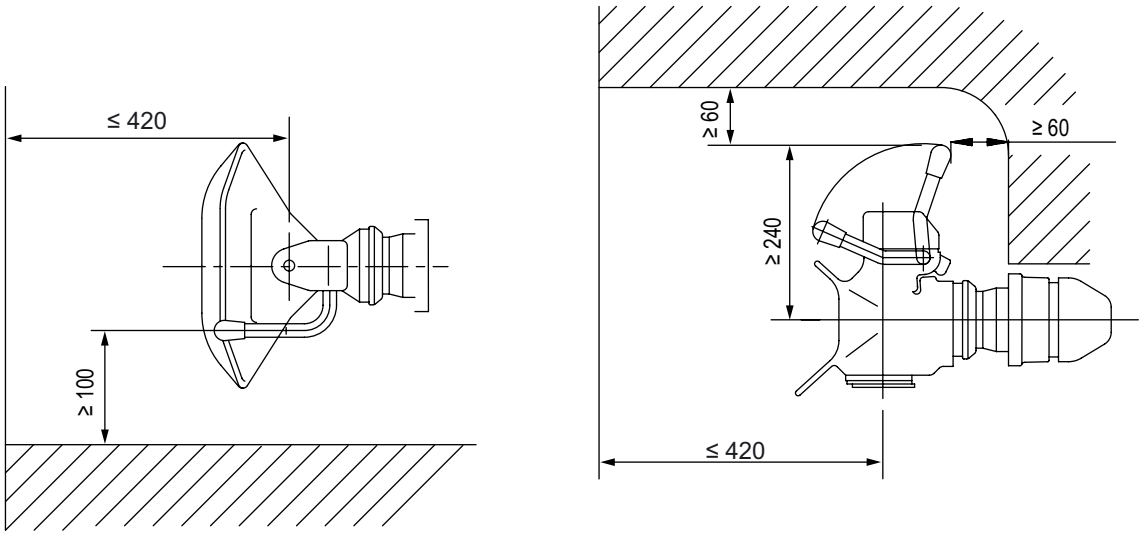
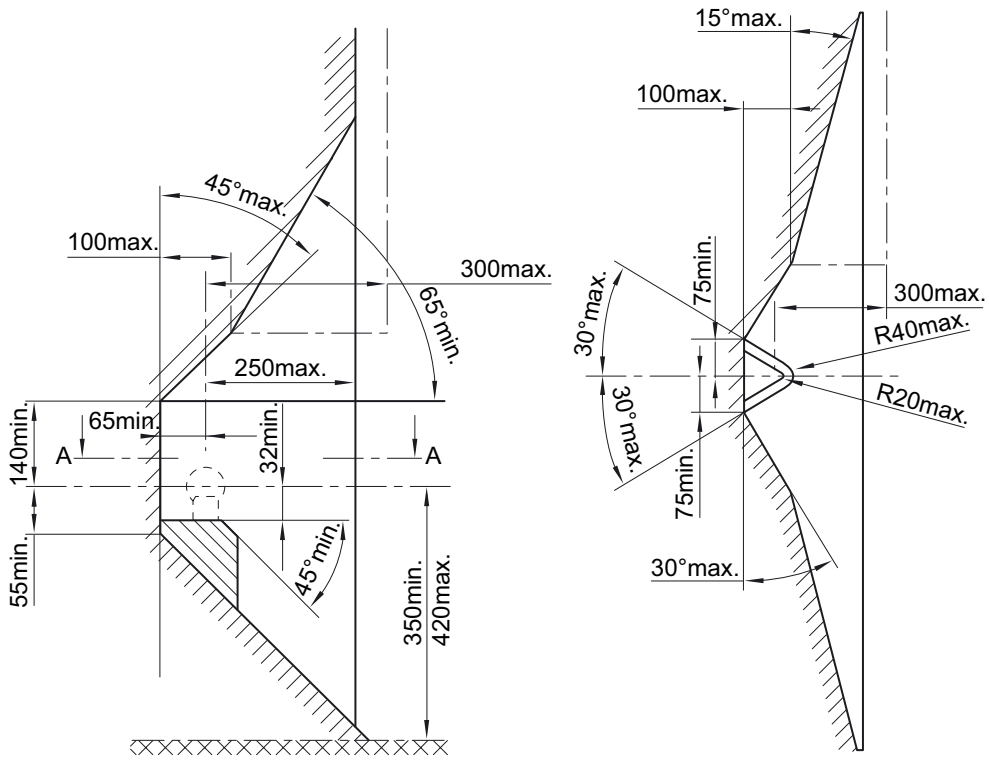


Bild 43: Freiraum für Anhängekupplungen nach DIN 74058 ESC-152



Für den Anbau von Anhängekupplungen sind Original-MAN-Schlußquerträger einschließlich der zugehörigen Verstärkungsplatten zu verwenden. Schlußquerträger haben ein für die dazugehörige Anhängekupplung passendes Lochbild.
Dieses Lochbild darf zum Anbau einer anderen Anhängekupplung keinesfalls geändert werden. Angaben der Kupplungshersteller in deren Einbaurichtlinien sind einzuhalten (z. B. Anzugsmomente und deren Prüfung).

Das Tiefersetzen der Anhängekupplung ohne gleichzeitiges Tiefersetzen des Schlußquerträgers ist nicht zulässig!
Einige beispielhafte Möglichkeiten des Tiefersetzens sind in Bild 44 und Bild 45 dargestellt.

Bild 44: Tiefergesetzte Anhängekupplung ESC-015

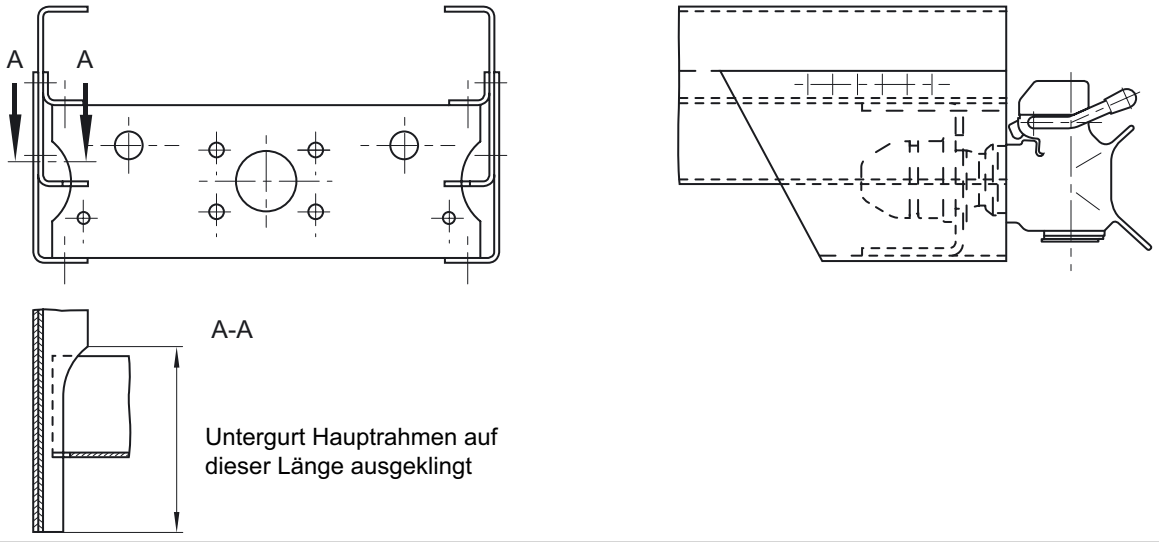
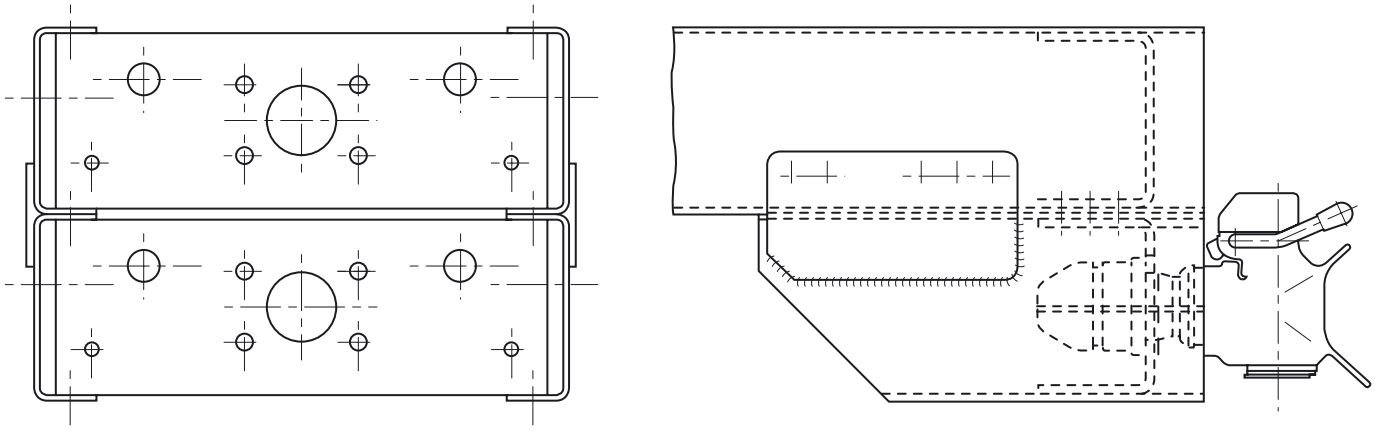


Bild 45: Unter den Rahmen gesetzte Anhängekupplung ESC-042



4.16.2 Anhängekupplung, D-Wert

Die erforderliche Größe der Anhängekupplung wird durch den D-Wert bestimmt.
Auf der Anhängekupplung ist vom Hersteller der Anhängekupplung ein Typenschild angebracht, auf dem der maximal zulässige D-Wert abzulesen ist. Die Angabe des D-Wertes erfolgt in Kilo-Newton [kN]. Die D-Wert-Formel lautet:

Formel 12: D-Wert

$$D = \frac{9{,}81 \cdot T \cdot R}{T + R}$$

Ist der D-Wert der Anhängekupplung und das zulässige Gesamtgewicht des Anhängers bekannt, dann wird das maximal zulässige Gesamtgewicht des ziehenden Fahrzeugs mit Hilfe der folgenden Formel errechnet:

Formel 13: D-Wert-Formel für zul. Gesamtgewicht

$$T = \frac{R \cdot D}{(9{,}81 \cdot R) - D}$$

Bei bekanntem D-Wert und vorhandenem zulässigen Gesamtgewicht des ziehenden Fahrzeugs beträgt das maximal zulässige Gesamtgewicht des Anhängers:

Formel 14: D-Wert-Formel für zulässiges Anhängergewicht

$$R = \frac{T \cdot D}{(9{,}81 \cdot T) - D}$$

Es bedeuten:

D	=	D-Wert in [kN]
T	=	zulässiges Gesamtgewicht des ziehenden Fahrzeugs in [t]
R	=	zulässiges Gesamtgewicht des Anhängers in [t]

Berechnungsbeispiele sind im Kapitel 9 ‚Berechnungen' zu finden.

4.16.3 Starrdeichselanhänger, Zentralachsanhänger, D_C-Wert, V-Wert

Es gelten folgende Begriffsdefinitionen:

- **Starrdeichselanhänger:** Anhängefahrzeug mit einer Achse oder Achsgruppe bei dem:
  - die winkelbewegliche Verbindung zum ziehenden Fahrzeug über eine Zugeinrichtung (Deichsel) erfolgt,
  - die Deichsel nicht frei beweglich mit dem Fahrgestell verbunden ist und deshalb Vertikalmomente übertragen kann und
  - nach seiner Bauart ein Teil seines Gesamtgewichts von dem ziehenden Fahrzeug getragen wird.
- **Zentralachsanhänger:** gezogenes Fahrzeug mit einer Zugeinrichtung, die nicht senkrecht zum Anhänger beweglich ist und dessen Achse(n) (bei gleichmäßiger Beladung) nahe am Massenschwerpunkt des Fahrzeugs angeordnet ist (sind), so dass nur eine kleine statische vertikale Last von höchstens 10% der Anhängemasse oder 1000kg (es gilt der kleinere Wert) auf das Zugfahrzeug übertragen wird. Zentralachsanhänger sind also eine Untergruppe der Starrdeichselanhänger.
- **Stützlast:** vertikale Last der Zugdeichsel am Kuppelpunkt. Sie wird bei angekuppelten Anhängern dem Zugfahrzeug zugeschlagen und ist deshalb bei der Fahrzeugauslegung (Achslastberechnung) zu berücksichtigen.

Zusätzlich zur D-Wert-Formel gelten für Starrdeichselanhänger/ Zentralachsanhänger weitere Bedingungen: Anhängekupplungen und Schlußquerträger haben verringerte Anhängelasten, da in diesem Fall zusätzlich die auf Anhängekupplung und Schlußquerträger wirkende Stützlast zu berücksichtigen ist.

Zur Angleichung der Rechtsvorschriften innerhalb der europäischen Union wurden mit der Richtlinie 94/20/EG deshalb die Begriffe D_C-Wert und V-Wert eingeführt:

Es gelten folgende Formeln:

Formel 15: D_C-Wert-Formel für Starrdeichsel und Zentralachsanhänger

$$D_C = \frac{9{,}81 \cdot T \cdot C}{T + C}$$

Formel 16: V-Wert-Formel für Zentralachs- und Starrdeichselanhänger mit einer zulässigen Stützlast von ≤ 10% der Anhängemasse und nicht mehr als 1000 kg

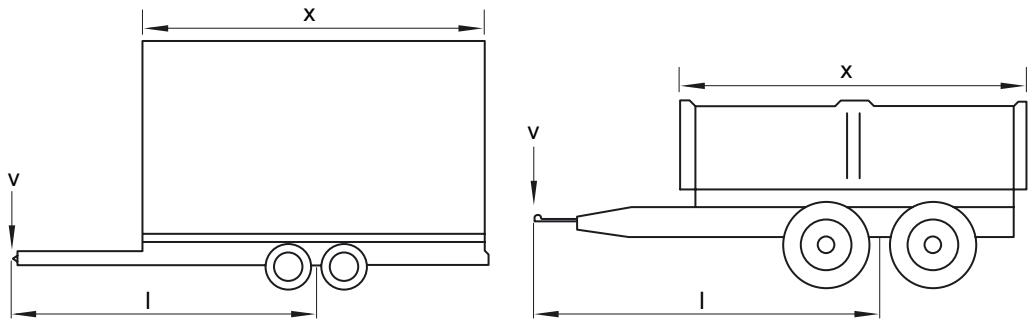
$$V = a \cdot \frac{X^2}{l^2} \cdot C \;;\; \frac{X^2}{l^2} \geq 1$$

Bei rechnerisch ermittelten Werten $\frac{X^2}{l^2} < 1$ ist 1,0 einzusetzen

Es bedeuten:

D_C	=	reduzierter D-Wert beim Betrieb mit Zentralachsanhänger in [kN]
V	=	V-Wert in [kN]
T	=	zulässiges Gesamtgewicht des Zugfahrzeugs in [t]
C	=	Summe der Achslasten des mit der zulässigen Masse beladenen Zentralachsanhängers in [t] ohne Stützlast
a	=	Vergleichsbeschleunigung im Kuppelpunkt in [m/s²]. Es sind zu verwenden: 1,8 m/s² bei Luftfederung oder vergleichbarer Federung am Zugfahrzeug bzw. 2,4 m/s² bei allen anderen Federungen
S	=	zulässige Stützlast am Kuppelpunkt in [kg]
X	=	Aufbaulänge Anhänger in [m] siehe Bild 46
l	=	theoretische Zugdeichsellänge in [m] siehe Bild 46

Bild 46: Aufbaulänge Anhänger und theoretische Zugdeichsellänge ESC-510



Für den Betrieb mit Zentralachsanhänger/ Starrdeichselanhänger setzt MAN voraus:

- Für die ab Werk lieferbare Ausrüstung ist eine Stützlast von mehr als 10% der zulässigen Anhängermasse und mehr als 1.000kg nicht möglich. Andere Lasten liegen im Verantwortungsbereich des Herstellers der jeweiligen Anhängevorrichtung. MAN kann keine Aussage in Bezug auf zulässige Lasten und rechnerische Betrachtungen (z.B. nach 94/20/EG) zu diesen Anhängevorrichtungen machen.
- Stützlasten haben wie alle Hecklasten eine Auswirkung auf die Achslastverteilung. Deshalb - vor allem in Verbindung mit weiteren Hecklasten (z. B. Ladebordwand, Heckladekran) - mittels Achslastberechnung prüfen ob Stützlasten möglich sind.
- Fahrzeuge mit liftbarer Nachlaufachse dürfen die Nachlaufachse nicht anheben, wenn ein Zentralachsanhänger/ Starrdeichselanhänger angekuppelt ist.
- Der Betrieb beladener Zentralachsanhänger/ Starrdeichselanhänger bei leerem Zugfahrzeug ist nicht zulässig.
- Für eine ausreichende Lenkbarkeit sind die Mindestvorderachslasten nach Tabelle 19 (im Kapitel ‚Allgemeines') einzuhalten.

Mögliche Kombinationen von Anhänge- und Stützlasten, sowie D, D_C und V-Werte nennt Tabelle 28,
die Zuordnung zum Fahrzeug (nach Typnummer und Fahrzeugart) ist Tabelle 27 zu entnehmen.

Die Änderung eingetragener Lasten sind u. U. möglich, Auskunft erteilt Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber") bei Nennung der im Kapitel ‚Allgemeines', Abschnitt 2.4.2 angegeben Fahrzeugdaten.

4.16.4 Schlußquerträger und Anhängekupplungen

Tabelle 27: Zuordnung Fahrzeug nach Baureihe, Typnummer und Schlußquerträger

L2000

Typ-Nr.	MAN-Sachnummer	Bohrbild [mm]	Bemerkung
L20	81.41250.2251	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5137	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5140
	81.41250.5140	120 x 55	4x2/2 für AHK-Typ G 135
	81.41250.5151	140 x 80	Schlußquerträger verstärkt
	81.41250.5152	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5153
	81.41250.5153	120 x 55	Allrad 4x4/2 oder 4x2/2, um 50 mm tiefer, für AHK-Typ G 135
	81.41250.5155	83 x 56	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 120 x 55
	81.41250.5155	120 x 55	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56
L21	81.41250.2251	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5137	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5140
	81.41250.5140	120 x 55	4x2/2 für AHK-Typ G 135
	81.41250.5151	140 x 80	Schlußquerträger verstärkt
	81.41250.5152	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5153
	81.41250.5153	120 x 55	Allrad 4x4/2 oder 4x2/2, um 50 mm tiefer, für AHK-Typ G 135
	81.41250.5155	120 x 55	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56
	81.41250.5155	83 x 56	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 120 x 55
L22	81.41250.5151	140 x 80	Schlußquerträger verstärkt
	81.41250.5152	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5153
	81.41250.5153	120 x 55	Allrad 4x4/2 oder 4x2/2, um 50 mm tiefer, für AHK-Typ G 135
	81.41250.5155	83 x 56	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 120 x 55
	81.41250.5155	83 x 56	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 120 x 55
	81.41250.5170	140 x 80	Allrad 4x4/2, um 100 mm tiefer, Schlußquerträger verstärkt
L23	81.41250.5151	140 x 80	Schlußquerträger verstärkt
	81.41250.5152	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5153
	81.41250.5153	120 x 55	Allrad 4x4/2 oder 4x2/2, um 50 mm tiefer, für AHK-Typ G 135
	81.41250.5155	120 x 55	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56
	81.41250.5155	83 x 56	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 120 x 55
	81.41250.5170	140 x 80	Allrad 4x4/2, um 100 mm tiefer, Schlußquerträger verstärkt
L24	81.41250.2251	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5137	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5140
	81.41250.5140	120 x 55	4x2/2 für AHK-Typ G 135
	81.41250.5151	140 x 80	Schlußquerträger verstärkt
	81.41250.5152	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5153

Abkürzungen: ZAA: Starrdeichsel-/ Zentralachsanhänger AHK: Anhängekupplung GG: Gesamtgewicht

Tabelle 27: Zuordnung Fahrzeug nach Baureihe, Typnummer und Schlußquerträger (Fortsetzung)

L2000

Typ-Nr.	MAN-Sachnummer	Bohrbild [mm]	Bemerkung
	81.41250.5153	120 x 55	Allrad 4x4/2 oder 4x2/2, um 50 mm tiefer, für AHK-Typ G 135
	81.41250.5155	83 x 56	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 120 x 55
	81.41250.5155	120 x 55	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56
L25	81.41250.2251	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5137	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5140
	81.41250.5140	120 x 55	4x2/2, für AHK-Typ G 135
	81.41250.5151	140 x 80	Schlußquerträger verstärkt
	81.41250.5152	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5153
	81.41250.5153	120 x 55	Allrad 4x4/2 oder 4x2/2, um 50 mm tiefer, für AHK-Typ G 135
	81.41250.5155	120 x 55	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56
	81.41250.5155	83 x 56	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 120 x 55
L26	81.41250.5151	140 x 80	Schlußquerträger verstärkt
	81.41250.5152	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5153
	81.41250.5153	120 x 55	Allrad 4x4/2 oder 4x2/2, um 50 mm tiefer, für AHK-Typ G 135
	81.41250.5155	120 x 55	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56
	81.41250.5155	83 x 56	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 120 x 55
	81.41250.5158	160 x 100	10 t, Allrad 4x4/2, L26, L27, HD-Ausführung
	81.41250.5168	160 x 100	Geräteträger, Typ L26
	81.41250.5170	140 x 80	Allrad 4x4/2, 100 mm tiefer, Schlußquerträger verstärkt
L27	81.41250.5151	140 x 80	Schlußquerträger verstärkt
	81.41250.5152	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5153
	81.41250.5153	120 x 55	Allrad 4x4/2 oder 4x2/2, um 50 mm tiefer, für AHK-Typ G 135
	81.41250.5155	120 x 55	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56
	81.41250.5155	83 x 56	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 120 x 55
	81.41250.5158	160 x 100	10 t, Allrad 4x4/2, L26, L27, HD-Ausführung
	81.41250.5170	140 x 80	Allrad 4x4/2, 100 mm tiefer, Schlußquerträger verstärkt
L30	81.41250.5152	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5153
	81.41250.5153	120 x 55	Allrad 4x4/2 oder 4x2/2, um 50 mm tiefer, für AHK-Typ G 135
L33	81.41250.2251	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5137	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5140
	81.41250.5140	120 x 55	4x2/2, für AHK-Typ G 135
	81.41250.5151	140 x 80	Schlußquerträger verstärkt
	81.41250.5152	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5153
	81.41250.5153	120 x 55	Allrad 4x4/2 oder 4x2/2, um 50 mm tiefer, für AHK-Typ G 135
	81.41250.5155	83 x 56	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 120 x 55
	81.41250.5155	120 x 55	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56

Abkürzungen: ZAA: Starrdeichsel-/ Zentralachsanhänger AHK: Anhängekupplung GG: Gesamtgewicht

Tabelle 27: Zuordnung Fahrzeug nach Baureihe, Typnummer und Schlußquerträger (Fortsetzung)

L2000

Typ-Nr.	MAN-Sachnummer	Bohrbild [mm]	Bemerkung
L34	81.41250.2251	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5137	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5140
	81.41250.5140	120 x 55	4x2/2, für AHK-Typ G 135
	81.41250.5151	140 x 80	Schlußquerträger verstärkt
	81.41250.5152	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5153
	81.41250.5153	120 x 55	Allrad 4x4/2 oder 4x2/2, um 50mm tiefer, für AHK-Typ G 135
	81.41250.5155	83 x 56	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 120 x 55
	81.41250.5155	120 x 55	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56
L35	81.41250.2251	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5137	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5140
	81.41250.5140	120 x 55	4x2/2, für AHK-Typ G 135
	81.41250.5151	140 x 80	Schlußquerträger verstärkt
	81.41250.5152	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5153
	81.41250.5153	120 x 55	Allrad 4x4/2 oder 4x2/2, um 50 mm tiefer, für AHK-Typ G 135
	81.41250.5155	120 x 55	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56
	81.41250.5155	83 x 56	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 120 x 55
L36	81.41250.2251	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5137	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5140
	81.41250.5140	120 x 55	4x2/2, für AHK-Typ G 135
	81.41250.5151	140 x 80	Schlußquerträger verstärkt
	81.41250.5152	120 x 55	Grundteil für 81.41250.5153
	81.41250.5153	120 x 55	Allrad 4x4/2 oder 4x2/2, um 50 mm tiefer, für AHK-Typ G 135
	81.41250.5155	120 x 55	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56
	81.41250.5155	83 x 56	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 120 x 55

M2000L

Typ-Nr.	MAN-Sachnummer	Bohrbild [mm]	Bemerkung
L70	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	12 t, Rahmendicke 5 mm, Lkw-GG max. 11.990 kg
L71	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	12 t, Rahmendicke 5 mm, Lkw-GG max. 11.990 kg
L72	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	12 t, Rahmendicke 5 mm, Lkw-GG max. 11.990 kg
L73	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	12 t, Rahmendicke 5 mm, Lkw-GG max. 11.990 kg

Abkürzungen: ZAA: Starrdeichsel-/ Zentralachsanhänger AHK: Anhängekupplung GG: Gesamtgewicht

Tabelle 27: Zuordnung Fahrzeug nach Baureihe, Typnummer und Schlußquerträger (Fortsetzung)

M2000L

Typ-Nr.	MAN-Sachnummer	Bohrbild [mm]	Bemerkung
L74	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm
L75	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm
	81.41250.5163	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm, Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56
	81.41250.5163	83 x 56	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm, Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 160 x 100
L76	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm
L77	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm
	81.41250.5163	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm, Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56
	81.41250.5163	83 x 56	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm, Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 160 x 100
L79	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm
L80	81.41250.5158	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm
	81.41250.5163	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm, Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56
	81.41250.5163	83 x 56	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm, Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 160 x 100
L81	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm
L82	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm
	81.41250.5163	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm, Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56
	81.41250.5163	83 x 56	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm, Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 160 x 100
L83	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm
L84	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm
	81.41250.5163	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm, Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56
	81.41250.5163	83 x 56	13/14/15 t, Rahmendicke 6- 7 mm, Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 160 x 100
L86	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm
L87	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	18/25 t, Rahmendicke 7-8 mm
L88	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	18/25 t, Rahmendicke 7-8 mm

Abkürzungen: ZAA: Starrdeichsel-/ Zentralachsanhänger AHK: Anhängekupplung GG: Gesamtgewicht

Tabelle 27: Zuordnung Fahrzeug nach Baureihe, Typnummer und Schlußquerträger (Fortsetzung)

M2000L

Typ-Nr.	MAN-Sachnummer	Bohrbild [mm]	Bemerkung
L89	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	18/25 t, Rahmendicke 7-8 mm
L90	81.41250.5158	160 x 100	18/25 t, Rahmendicke 7-8 mm
L95	81.41250.5122	ohne	26 t, L95, für Rahmendicke 7 mm und Rahmenhöhe 268 mm, nicht für AHK
	81.41250.5145	160 x 100	26 t, L95, Schlußquerträger verstärkt, für Rahmendicke 7 mm und Rahmenhöhe 268 mm

M2000M

Typ-Nr.	MAN-Sachnummer	Bohrbild [mm]	Bemerkung
M31	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm
M32	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm
M33	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm
M34	81.41250.5158	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm
	81.41250.5163	160 x 100	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm, Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56
	81.41250.5163	83 x 56	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm, Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 160 x 100
M38	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	18/25 t, Rahmendicke 7-8 mm
M39	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	18/25 t, Rahmendicke 7-8 mm
M40	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	18/25 t, Rahmendicke 7-8 mm
M41	81.41250.5158	160 x 100	18/25 t, Rahmendicke 7-8 mm
M42	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	18/25 t, Rahmendicke 7-8 mm
M43	81.41250.5158	160 x 100	18/25 t, Rahmendicke 7-8 mm
M44	81.41250.0127	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5158	160 x 100	18/25 t, Rahmendicke 7-8 mm

Abkürzungen: ZAA: Starrdeichsel-/ Zentralachsanhänger AHK: Anhängekupplung GG: Gesamtgewicht

Tabelle 27: Zuordnung Fahrzeug nach Baureihe, Typnummer und Schlußquerträger (Fortsetzung)

F2000

Typ-Nr.	MAN-Sachnummer	Bohrbild [mm]	Bemerkung
T01	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5146	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 330 mm
	81.41250.5159	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Sattelzugmaschine
	81.41250.5160	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Kipper und Lkw-Fahrgestell
T02	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5133	140 x 80	Sattel Überhang = 750 mm, nur Abschleppkupplung, nicht für AHK, kein Austausch möglich
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5146	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 330 mm
	81.41250.5160	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Kipper und Lkw-Fahrgestell
T03	81.41250.5133	140 x 80	Sattel Überhang = 750 mm, nur Abschleppkupplung, nicht für AHK, kein Austausch möglich
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5146	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 330 mm
	81.41250.5160	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Kipper und Lkw-Fahrgestell
T04	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5159	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Sattelzugmaschine
	81.41250.5160	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Kipper und Lkw-Fahrgestell
T05	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
T06	81.41240.5045	160 x 100	T06, T36, ZAA nur mit Verstärkungsplatten 81.42022.0020/.0013
	81.41250.5146	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 330 mm
T07	81.41250.5146	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 330 mm
T08	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5146	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 330 mm
T09	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5159	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Sattelzugmaschine
	81.41250.5160	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Kipper und Lkw-Fahrgestell

Abkürzungen: ZAA: Starrdeichsel-/ Zentralachsanhänger AHK: Anhängekupplung GG: Gesamtgewicht

Tabelle 27: Zuordnung Fahrzeug nach Baureihe, Typnummer und Schlußquerträger (Fortsetzung)

F2000

Typ-Nr.	MAN-Sachnummer	Bohrbild [mm]	Bemerkung
T10	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
T12	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5159	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Sattelzugmaschine
	81.41250.5160	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Kipper und Lkw-Fahrgestell
T15	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5146	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 330 mm
T16	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5146	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 330 mm
	81.41250.5162	160 x 100	Nicht für AHK
T17	81.41250.5146	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 330 mm
	81.41250.5162	160 x 100	Nicht für AHK
T18	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5159	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Sattelzugmaschine
	81.41250.5160	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Kipper und Lkw-Fahrgestell
T20	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5148	160 x 100	Nur für Typ T20 und T50
T31	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5146	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 330 mm
	81.41250.5159	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Sattelzugmaschine
	81.41250.5160	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Kipper und Lkw-Fahrgestell
T32	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5133	140 x 80	Sattel Überhang = 750 mm, nur Abschleppkupplung, nicht für AHK, kein Austausch möglich
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5146	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 330 mm
	81.41250.5160	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Kipper und Lkw-Fahrgestell

Abkürzungen: ZAA: Starrdeichsel-/ Zentralachsanhänger AHK: Anhängekupplung GG: Gesamtgewicht

Tabelle 27: Zuordnung Fahrzeug nach Baureihe, Typnummer und Schlußquerträger (Fortsetzung)

F2000

Typ-Nr.	MAN-Sachnummer	Bohrbild [mm]	Bemerkung
T33	81.41250.5133	140 x 80	Sattel Überhang = 750 mm, nur Abschleppkupplung, nicht für AHK, kein Austausch möglich
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5146	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 330 mm
	81.41250.5160	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Kipper und Lkw-Fahrgestell
T34	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5159	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Sattelzugmaschine
	81.41250.5160	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Kipper und Lkw-Fahrgestell
T35	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
T36	81.41240.5045	160 x 100	T06, T36, ZAA nur mit Verstärkungsplatten 81.42022.0020/.0013
	81.41250.5146	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 330 mm
T37	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5146	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 330 mm
T38	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5146	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 330 mm
T39	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5159	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Sattelzugmaschine
	81.41250.5160	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Kipper und Lkw-Fahrgestell
T40	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
T42	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5159	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Sattelzugmaschine
	81.41250.5160	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Kipper und Lkw-Fahrgestell
T43	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5160	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Kipper und Lkw-Fahrgestell

Abkürzungen: ZAA: Starrdeichsel-/ Zentralachsanhänger AHK: Anhängekupplung GG: Gesamtgewicht

Tabelle 27: Zuordnung Fahrzeug nach Baureihe, Typnummer und Schlußquerträger (Fortsetzung)

F2000

Typ-Nr.	MAN-Sachnummer	Bohrbild [mm]	Bemerkung
T44	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5159	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Sattelzugmaschine
	81.41250.5160	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Kipper und Lkw-Fahrgestell
T45	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5146	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 330 mm
T46	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5146	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 330 mm
	81.41250.5162	160 x 100	Nicht für AHK
	81.41250.5167	160 x 100	Überhang = 700 mm (900 mm)
T48	81.41250.1324	160 x 100	100 mm tiefer, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5159	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Sattelzugmaschine
	81.41250.5160	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Kipper und Lkw-Fahrgestell
	81.41250.5167	160 x 100	Überhang = 700 mm (900 mm)
T50	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5148	160 x 100	Nur für Typ T20 und T50
T62	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5160	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Kipper und Lkw-Fahrgestell
T70	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
T72	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5159	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Sattelzugmaschine
T78	81.41250.5122	ohne	Nicht für AHK
	81.41250.5145	160 x 100	Schlußquerträger verstärkt, Rahmenhöhe 270 mm
	81.41250.5159	330 x 110	10-fach Verschraubung für 100 t-Kupplungs-Einbau, Sattelzugmaschine

Abkürzungen: ZAA: Starrdeichsel-/ Zentralachsanhänger AHK: Anhängekupplung GG: Gesamtgewicht

Tabelle 28: Schlußquerträger und technische Daten

MAN-Sachnummer	Bohrbild [mm]	D [kN]	S [kg]	C [kg]	R_C = C+S [kg]	D_C [kN]	V [kN]	Max. Anhängelast [kg]	t [mm]	Baureihe	Bemerkung
81.41240.5045	160 x 100	130	1000	13000	14000	90	35	D-Wert	10	F2000	T06, T36, ZAA nur mit Verstärkungsplatten 81.42022.0020/.0013 nach Einbaubezeichnung 81.42001.8105
81.41250.0127	ohne	0	0	0	0	0	0	0	5	M2000	Nicht für AHK
81.41250.1320	160 x 100	130	1000	13000	14000	90	35	D-Wert	12	F2000	150 mm tiefer als Serie, für Rahmenhöhe 270 mm
81.41250.1324	160 x 100	130	1000	13000	14000	90	35	D-Wert	12	F2000	100 mm tiefer als Serie, für Rahmenhöhe 270 mm
81.41250.1337	160 x 100	130	1000	13000	14000	90	35	D-Wert	12	F2000	150 mm tiefer als Serie, für Rahmenhöhe 330 mm
81.41250.2251	ohne	0	0	0	0	0	0	0	4	L2000	Nicht für AHK
81.41250.5122	ohne	0	0	0	0	0	0	0	6	M2000	26 t, L95 für Rahmendicke 7 mm und Rahmenhöhe 268 mm, nicht für AHK
81.41250.5122	ohne	0	0	0	0	0	0	0	6	F2000	Nicht für AHK
81.41250.5133	140 x 80	0	0	0	0	0	0	0	8	F2000	T02, T03, T32, T33, Sattel Überhang = 750 mm, Bohrbild nur für Abschleppkupplung, nicht für AHK, kein Austausch möglich
81.41250.5137	120 x 55	*	*	*	*	*	*	*	8	L2000	Grundteil für 81.41250.5140 * Nur mit Verstärkungsplatte 81.41291.2201
81.41250.5138	140 x 80	*	*	*	*	*	*	*	10	L2000	Ersetzt durch 81.41250.5150 * Nur mit Verstärkungsplatte 81.41291.2492
81.41250.5139	140 x 80	52	1000	10500	11500	52	25	10500	10	L2000	Ersetzt durch 81.41250.5151
81.41250.5140	120 x 55	52	700	6500	7200	40	18	10500	8	L2000	4x2/2, für AHK-Typ G 135
81.41250.5141	160 x 100	0	0	0	0	0	0	0	8	F2000	Ersetzt durch 81.41250.5162, nicht für AHK, Bohrbild nur für Bandmontage
81.41250.5145	160 x 100	90	1000	16000	17000	90	50	20000	11	M2000	26 t, L95, Schlußquerträger verstärkt, für Rahmendicke 7 mm und Rahmenhöhe 268 mm
81.41250.5145	160 x 100	200	1000	18000	19000	130	70	D-Wert	11	F2000	Schlußquerträger verstärkt, für Rahmenhöhe 270 mm
81.41250.5146	160 x 100	200	1000	18000	19000	130	70	D-Wert	11	F2000	Schlußquerträger verstärkt, für Rahmenhöhe 330 mm
81.41250.5146	160 x 100	130	1000	9500	10500	67	35	D-Wert	11	F2000	Nur für Typ T20 und T50

Tabelle 28: Schlußquerträger und technische Daten (Fortsetzung)

MAN-Sachnummer	Bohrbild [mm]	D [kN]	S [kg]	C [kg]	R_C =C+S [kg]	D_C [kN]	V [kN]	Max. Anhängelast [kg]	t [mm]	Baureihe	Bemerkung
81.41250.5150	140 x 80	*	*	*	*	*	*	*	10	L2000	Grundteil für 81.41250.5151 * Nur mit Verstärkungsplatte 81.41291.2492
81.41250.5151	140 x 80	60	1000	13000	14000	58	35	14000	10	L2000	Schlußquerträger verstärkt
81.41250.5152	120 x 55	*	*	*	*	*	*	*	8	L2000	Grundteil für 81.41250.5153 * Nur mit Verstärkungsplatte 81.41291.2201
81.41250.5153	120 x 55	52	700	6500	7200	40	18	10500	8	L2000	Allrad 4x4/2 oder 4x2/2 um 50 mm tiefer, für AHK-Typ G 135
81.41250.5154	160 x 100	60	1000	9500	10500	55	35	14000	10	M2000-L	12t, L70, L71, L72, L73, Rahmendicke 5 mm, ersetzt durch 81.41250.5158
81.41250.5154	160 x 100	84	1000	9500	10500	61	35	18000	10	M2000	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm, ersetzt durch 81.41250.5158
81.41250.5154	160 x 100	90	1000	9500	10500	67	35	20000	10	M2000	18/25 t, Rahmendicke 7-8 mm, ersetzt durch 81.41250.5158
81.41250.5155	120 x 55	52	700	6500	7200	40	18	10500	8	L2000	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56
81.41250.5155	83 x 56	17	80	2000	2080	17	10	2080	8	L2000	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 120 x 55
81.41250.5156	160 x 100	60	1000	13000	14000	64	35	14000	12	M2000-L	12 t, L70, L71, L72, L73, Rahmendicke 5 mm, ersetzt durch 81.41250.5158
81.41250.5156	160 x 100	84	1000	13000	14000	71	35	20000	12	M2000	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm, ersetzt durch 81.41250.5158
81.41250.5156	160 x 100	90	1000	16000	17000	90	50	24000	12	M2000	18/25 t, Rahmendicke 7-8 mm, ersetzt durch 81.41250.5158
81.41250.5158	160 x 100	60	1000	13000	14000	64	35	14000	11	L2000	10t, Allrad 4x4/2, L26, L27, HD-Ausführung
81.41250.5158	160 x 100	60	1000	13000	14000	64	35	14000	11	M2000-L	12t, L70, L71, L72, L73, Rahmendicke 5 mm, Lkw-GG max. 11.990 kg
81.41250.5158	160 x 100	84	1000	13000	14000	71	35	20000	11	M2000	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm
81.41250.5158	160 x 100	90	1000	16000	17000	90	50	24000	11	M2000	18/25t, Rahmendicke 7-8 mm
81.41250.5159	330 x 110	314	0	0	0	0	0	D-Wert	15	F2000	10-fach Verschraubung für 100t-Kupplungs-Einbau, Sattelzugmaschine
81.41250.5160	330 x 110	314	0	0	0	0	0	D-Wert	15	F2000	10-fach Verschraubung für 100t-Kupplungs-Einbau, Kipper und Lkw-Fahrgestell

Tabelle 28: Schlußquerträger und technische Daten (Fortsetzung)

MAN-Sachnummer	Bohrbild [mm]	D [kN]	S [kg]	C [kg]	R_C = C+S [kg]	D_C [kN]	V [kN]	Max. Anhängelast [kg]	t [mm]	Baureihe	Bemerkung
81.41250.5161	160 x 100	55	700	6500	7200	40	18	10500	8	M2000	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56, ersetzt durch 81.41250.5163
81.41250.5161	83 x 56	18	80	2000	2080	18	10	2080	8	M2000	Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 160 x 100, ersetzt durch 81.41250.5163
81.41250.5162	160 x 100	0	0	0	0	0	0	0	8	F2000	Bohrbild nur für Bandmontage, nicht für AHK
81.41250.5163	160 x 100	55	700	6500	7200	40	18	10500	8	M2000	13/14/15 t, Rahmendicke 6-7 mm, Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 83 x 56
81.41250.5163	83 x 56	18	80	2000	2080	18	10	2080	8	M2000	13/14/15t, Rahmendicke 6-7mm, Feuerwehr, zusätzliches Bohrbild 160 x 100
81.41250.5167	160 x 100	200	1000	18000	19000	130	70	D-Wert	11	F2000	T46, T48, Überhang = 700 mm (900 mm), (Mittelteil wie 81.41250.5145)
81.41250.5168	160 x 100	53	1000	9500	10500	53	25	10500	8	L2000	Geräteträger Typ L26, Vorbereitung für hydr. Zapfwelle, mit Verstärkungsplatten 81.42022.0013 und 81.42022.0014
81.41250.5170	140 x 80	60	1000	13000	14000	58	35	14000	10	L2000	Allrad 4x4/2, 100 mm tiefer, Schlußquerträger verstärkt

Tabelle 29: Einbauzeichnung für AHK

Fahrzeug-Baureihe	Typ AHK	Hersteller AHK	Bohrbild in [mm]	Ø Bolzen in [mm]	Einbau-bezeichnung MAN-Nr.	Bemerkung
L2000	260 G 135	Rockinger	120 x 55	40	81.42000.8031	Ersatz für 81.42000.8094
	86 G 135	Ringfeder	120 x 55	40	81.42000.8031	Ersatz für 81.42000.8094
	86 G 145	Ringfeder	140 x 80	40	81.42000.8095	
	260 G 145	Rockinger	140 x 80	40	81.42000.8095	
	864	Ringfeder	140 x 80	40	81.42000.8095	
	260 G 150	Rockinger	160 x 100	40	81.42000.8107	
	400 G 150	Rockinger	160 x 100	40	81.42000.8107	
	86 G 150	Ringfeder	160 x 100	40	81.42000.8107	
	TK 226 A	Rockinger	83 x 56	40	81.42000.8116	Feuerwehr
	D 125	Oris	83 x 56	Kugel	81.42000.8101	Do 3,5 t, siehe 81.42001.6142
	D 125/1	Oris	83 x 56	Kugel	81.42030.6014	Do 2,2 t, ersetzt durch D 125
	D 85 A	Oris	83 x 56	Kugel	81.42030.6014	Do 2,2 t, ersetzt durch D 125
M2000	260 G 150	Rockinger	160 x 100	40	81.42000.8107	
	400 G 150	Rockinger	160 x 100	40	81.42000.8107	
	86 G 150	Ringfeder	160 x 100	40	81.42000.8107	
	340 G 150	Rockinger	160 x 100	40	81.42000.8106	Überhang > 750 mm
	430 G 150	Rockinger	160 x 100	40	81.42000.8106	Überhang > 750 mm
	95 G 150	Ringfeder	160 x 100	40	81.42000.8111	Überhang > 750 mm
	98 G 150	Ringfeder	160 x 100	40	81.42000.8112	Überhang > 750 mm, Schweiz
	263 G 150	Rockinger	160 x 100	40	81.42000.8108	Schweiz
	88 G 150	Ringfeder	160 x 100	40	81.42000.8108	Schweiz
	865	Ringfeder	160 x 100	40	81.42000.8105	
	500 G 6	Rockinger	160 x 100	50	81.42000.8105	
	700 G 61	Rockinger	160 x 100	50	81.42000.8105	
	81/CX	Ringfeder	160 x 100	50	81.42000.8105	
	92/CX	Ringfeder	160 x 100	50	81.42000.8105	
	TK 226 A	Rockinger	83 x 56	40	81.42000.8116	Feuerwehr

Abkürzung: AHK: Anhängekupplung

Tabelle 29: Einbauzeichnung für AHK (Fortsetzung)

Fahrzeug-Baureihe	Typ AHK	Hersteller AHK	Bohrbild in [mm]	Ø Bolzen in [mm]	Einbau-bezeichnung MAN-Nr.	Bemerkung
F2000	260 G 150	Rockinger	160 x 100	40	81.42000.8107	
	400 G 150	Rockinger	160 x 100	40	81.42000.8107	
	86 G/150	Ringfeder	160 x 100	40	81.42000.8107	
	42 G 250	Rockinger	160 x 100	40	81.42000.8084	
	340 G 150	Rockinger	160 x 100	40	81.42000.8106	Überhang > 750 mm
	430 G 150	Rockinger	160 x 100	40	81.42000.8106	Überhang > 750 mm
	95 G 150	Ringfeder	160 x 100	40	81.42000.8111	Überhang > 750 mm
	98 G 150	Ringfeder	160 x 100	40	81.42000.8112	Überhang > 750 mm, Schweiz
	263 G 150	Rockinger	160 x 100	40	81.42000.8108	Schweiz
	88 G 150	Ringfeder	160 x 100	40	81.42000.8108	Schweiz
	865	Ringfeder	160 x 100	40	81.42000.8105	
	500 G 6	Rockinger	160 x 100	50	81.42000.8105	
	700 G 61	Rockinger	160 x 100	50	81.42000.8105	
	81/CX	Ringfeder	160 x 100	50	81.42000.8105	
	92/CX	Ringfeder	160 x 100	50	81.42000.8105	

Abkürzung: AHK: Anhängekupplung

4.16.5 Kugelkopfkupplung

Auch geringe Stützlasten haben wie alle Hecklasten eine Auswirkung auf die Achslastverteilung. Deshalb, vor allem in Verbindung mit weiteren Hecklasten (z. B. Ladebordwand, Heckladekran) mittels Achslastberechnung prüfen, ob Stützlasten möglich sind.

Weitere Voraussetzungen für den Anbau von Kugelkopfkupplungen:

- ausreichend dimensionierte Kugelkopfkupplung (Stützlast, Anhängelast)
- bauartgenehmigter Anhängebock
- ein Anbau ohne Anhängebock, also die Befestigung nur am hinteren Unterfahrschutz ist von MAN nicht zugelassen
- der Anhängebock ist an den senkrechten Stegen des Hauptrahmens zu befestigen (eine Befestigung nur am Hauptrahmenuntergurt ist von MAN nicht freigegeben)
- Hinweise in den Montageanleitungen/ Richtlinien der Hersteller von Anhängebock und Kugelkopfkupplung sind zu beachten
- erforderliche Freiraummaße z.B. nach VBG-12 und DIN 74058 sind zu beachten (siehe Bild 42 und Bild 43)
- die ausreichende Dimensionierung und Anbindung an den Fahrzeugrahmen ist von der Prüfstelle (z.B. DEKRA/TÜV) bei der Eintragung der Anhängekupplung zu kontrollieren
- ein genehmigtes oder eingetragenen Zuggesamtgewicht ist einzuhalten.

Bei Einhaltung der Voraussetzungen kann bei Fahrzeugen der Baureihen M2000L, M2000M und F2000 (Definition der Baureihen siehe Kapitel ‚Allgemeines') grundsätzlich eine Anhängelast von 3.500 kg eingetragen werden. Bei der Baureihe L2000 ist auf ein maximales Zuggesamtgewicht von 10.40 0kg zu achten, wenn ein 5-Gang-Getriebe in Verbindung mit der längsten Achsübersetzung von i = 3,9 eingebaut ist. Alle anderen L2000 bis 10.000 kg zulässigem Gesamtgewicht können ebenfalls 3.500 kg Anhängelast erhalten.

4.16.6 Sattelkupplung

Sattelauflieger und Sattelzugmaschinen sind zu überprüfen, ob beide ein Sattelkraftfahrzeug aufgrund ihrer Maße und Gewichte bilden können.

Deshalb sind zu prüfen:

- Durchschwenkradien
- Aufsattelhöhe
- Sattellast
- Freigängigkeit aller Teile
- gesetzliche Auflagen
- Einstellanweisungen für die Bremsanlage.

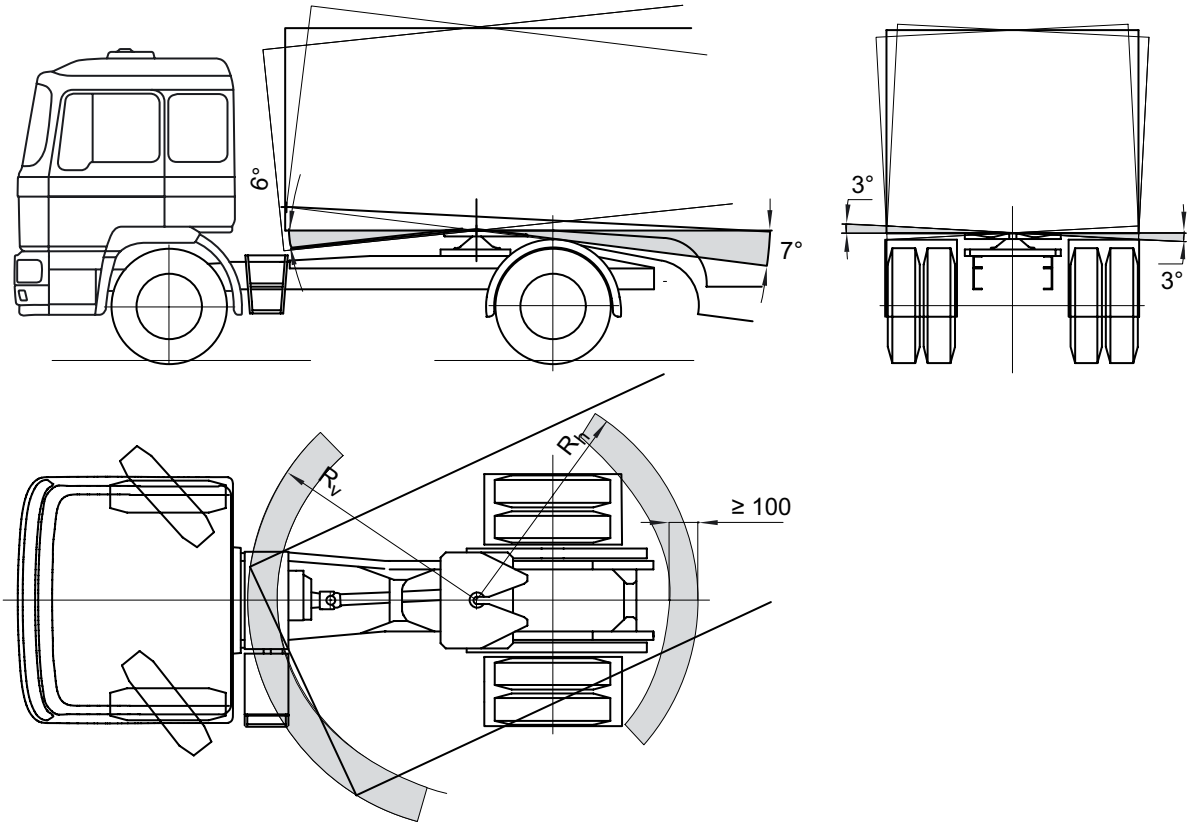
Um die maximale Sattellast zu erreichen, sind vor der Inbetriebnahme des Fahrzeugs folgende Maßnahmen erforderlich:

- Fahrzeug verwiegen
- Achslastberechnung erstellen
- optimales Sattelvormaß ermitteln
- vorderen Durchschwenkradius überprüfen
- hinteren Durchschwenkradius überprüfen
- vorderen Neigungswinkel überprüfen
- hinteren Neigungswinkel überprüfen
- Gesamtlänge des Sattelkraftfahrzeugs überprüfen
- Sattelkupplung entsprechend aufbauen.

Der erforderliche Neigungswinkel beträgt nach DIN-ISO 1726 vorne 6°, hinten 7°, und zur Seite 3°. Unterschiedliche Reifengrößen, Federraten oder Aufsattelhöhen zwischen Zugmaschine und Auflieger vermindern diese Winkel, so dass sie nicht mehr der Norm entsprechen.

Zu berücksichtigen sind außer der Neigung des Sattelanhängers nach hinten auch die Seitenneigung bei Kurvenfahrt, Einfederung (Achsführung, Bremszylinder), Gleitschutzketten, Pendelbewegung des Achsaggregates bei Fahrzeugen mit Doppelachse und die Durchschwenkradien.

Bild 47: Maße an Sattelzugmaschinen ESC-002



Bei der Aufsattelhöhe ist zu beachten, dass eine bestimmte Mindesthöhe eingehalten werden muss.
Das in den Verkaufsunterlagen oder Fahrgestellzeichnungen angegebene Sattelvormaß gilt nur für das Standardfahrzeug. Ausrüstungsteile, die das Fahrzeugleergewicht oder die Fahrzeugmaße beeinflussen, erfordern u. U. eine Änderung des Sattelvormaßes. Dadurch können sich auch die Nutzlast und die Zuggesamtlänge ändern.

Verwendet werden dürfen nur typgeprüfte Sattelkupplungs-Montageplatten. Typgeprüfte Bauteile tragen ein Prüfzeichen, hier nach Richtlinie 94/20/EG. Zu erkennen sind EG Prüfzeichen anhand einer eXX – Nummer (XX: 1- oder 2-stellige Zahl), meist in Rechteck-Umrandung, gefolgt von einer weiteren Zahlengruppe XX-XXXX (2- sowie 4-stellige Zahl, z.B.: e1 00-0142. Montageplatten die ein Anbohren der Rahmen- oder Hilfsrahmenflansche erfordern, sind nicht zulässig.

Die Montage einer Sattelkupplung ohne Hilfsrahmen ist ebenfalls nicht zulässig. Die Hilfsrahmendimensionierung und Werkstoffqualität ($\sigma_{0,2} \geq 360$ N/mm²) muss einem vergleichbaren Serienfahrzeug entsprechen. Die Sattelplatte darf nicht auf den Rahmenlängsträgern, sondern ausschließlich auf dem Sattelhilfsrahmen aufliegen. Zur Befestigung der Montageplatte nur von MAN oder vom Sattelplattenhersteller freigegebene Schrauben (siehe auch Kapitel ‚Fahrgestelle ändern, Abschnitt ‚Bohrungen, Niet- und Schraubverbindungen am Rahmen') verwenden. Anzugsdrehmomente einhalten und bei der folgenden Wartung prüfen!

Anleitungen/ Richtlinien der Sattelkupplungshersteller sind zu beachten.

Die Sattelplattenebene am Sattelanhänger sollte bei zulässiger Sattellast parallel zur Fahrbahn verlaufen.
Die Höhe der Sattelkupplung muss dementsprechend ausgelegt werden, wobei die Freimaße nach DIN-ISO 1726 zu berücksichtigen sind.

Anschlussleitungen für Luftversorgung, Bremse, Elektrik und ABS dürfen nicht am Aufbau scheuern oder sich bei Kurvenfahrt verfangen. Deshalb ist die Freigängigkeit aller Leitungen bei Kurvenfahrt mit Auflieger vom Aufbauer zu prüfen.
Beim Fahrbetrieb ohne Auflieger müssen alle Leitungen in Leerkupplungen bzw. Steckern sicher befestigt werden.
Es gibt Zugsattelzapfen (auch Königszapfen oder Kingpin genannt):

- Zugsattelzapfen 50 mit 2“ Durchmesser
- Zugsattelzapfen 90 mit 3,5“ Durchmesser (nach 94/20/EG).

Welcher zur Anwendung kommt, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Entscheidend ist, ähnlich wie bei Anhängekupplungen, der D-Wert. Für das gesamte Sattelkraftfahrzeug gilt der jeweils kleinere D-Wert von Königszapfen und Sattelkupplung.
Der D-Wert selbst ist jeweils auf den Typschildern vermerkt.

Zur Ermittlung des D-Wertes gelten folgende Formeln:

Formel 17: D-Wert Sattelkupplung

$$D = \frac{0{,}6 \cdot 9{,}81 \cdot T \cdot R}{T + R - U}$$

Bei gegebenem D-Wert und gesuchtem zulässigen Gesamtgewicht des Aufliegers gilt:

Formel 18: Zulässiges Gesamtgewicht-Auflieger

$$R = \frac{D \cdot (T - U)}{(0{,}6 \cdot 9{,}81 \cdot T) - D}$$

Liegt das zulässige Gesamtgewicht des Aufliegers und der D-Wert der Sattelkupplung fest, so lässt sich das zulässige Gesamtgewicht der Sattelzugmaschine mit folgender Formel errechnen:

Formel 19: Zulässiges Gesamtgewicht-Zugmaschine

$$T = \frac{D \cdot (R \cdot U)}{(0{,}6 \cdot 9{,}81 \cdot R) - D}$$

Wenn die Sattellast gesucht ist, alle anderen Lasten aber bekannt sind, ergibt sich die Formel zu:

Formel 20: Sattellast

$$U = T + R - \frac{0{,}6 \cdot 9{,}81 \cdot T \cdot R}{D}$$

Es bedeuten:

D	=	D-Wert in [kN]
R	=	zulässiges Gesamtgewicht des Sattelanhängers in [t] einschließlich der Sattellast
T	=	zulässiges Gesamtgewicht der Sattelzugmaschine in [t] einschließlich der Sattellast
U	=	Sattellast in [t]

Berechnungsbeispiele sind im Kapitel 9 ‚Berechnungen‘ zu finden.

4.16.7 Umbau Lkw in Sattelzugmaschine oder Sattelzugmaschine in Lkw

Je nach Fahrgestell ist für den Umbau zur Sattelzugmaschine oder zum Lkw eine Änderung der Bremsanlage erforderlich.
Deshalb ist für den Umbau Lkw in Sattelzugmaschine bzw. umgekehrt eine MAN-Genehmigung erforderlich.
Auskunft und Bestätigungen zur Änderung der Bremsanlage erteilt Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“).
Folgende Daten sind zu nennen: Fahrzeugidentifizierungsnummer und Fahrzeugnummer (Erläuterung siehe Kapitel ‚Allgemeines‘).

Für die Montage der Sattelkupplung dürfen nur bauartgenehmigte und von MAN freigegebene Montageplatten verwendet werden.
Eine Freigabe durch Prüforganisationen (z. B. TÜV, DEKRA) ist keine Bauartgenehmigung und ersetzt auch nicht die Freigabe durch MAN. Montageplatten dürfen nur auf einem Hilfsrahmen befestigt werden. Der Hilfsrahmenquerschnitt und dessen Festigkeitswerte müssen mindestens einem vergleichbaren Hilfsrahmen eines Serienfahrzeugs entsprechen. Aufbau von Hilfsrahmen, Montageplatte und Sattelkupplung siehe oben.

Luft- und Elektroanschlüsse müssen so versetzt werden, dass sicher an- und abgekuppelt werden kann und die Leitungen durch die Bewegungen des Aufliegers nicht beschädigt werden können. Müssen elektrische Leitungen geändert werden,
sind Kabelstränge vergleichbarer MAN-Sattelzugmaschinen einzubauen. Diese sind über den Ersatzteildienst erhältlich.
In jedem Fall sind bei Änderung der serienmäßigen Elektrik die Hinweise im Kapitel ‚Elektrik, Leitungen‘ zu beachten.

Ist das Anschließen von Luft- und Elektroanschlüssen von der Fahrbahn aus nicht möglich, muss eine geeignete Arbeitsfläche von mindestens 400 mm x 500 mm, sowie ein Aufstieg zu dieser Arbeitsfläche vorgesehen werden.

Muss der Rahmen, der Radstand oder der Rahmenüberhang geändert werden, so gelten die Hinweise im Kapitel ‚Fahrgestelle ändern‘.

Zur Vermeidung des Sattelnickens muss die Hinterfederung der vergleichbaren MAN-Sattelzugmaschine eingebaut werden.
Ein Hinterachsstabilisator ist vorzusehen.

Bei Umbau eines Kippfahrgestells in eine Sattelzugmaschine ist kein Umbau der Hinterfederung erforderlich (aber Komfortverlust durch härtere Kipperfederung). Bei Umbau einer Sattelzugmaschine in ein Kipperfahrgestell muss die Hinterfederung eines vergleichbaren Kipperfahrzeuges eingebaut werden.

5. Aufbauten

5.1 Allgemeines

Zur Identifikation ist jeder Aufbau mit einem Typschild zu versehen, aus dem mindestens folgende Daten erkennbar sind:

- vollständiger Name des Aufbauherstellers
- Seriennummer.

Die Daten auf dem Typschild müssen dauerhaft kenntlich gemacht werden.

Aufbauten beeinflussen erheblich die Fahreigenschaften und Fahrwiderstände und damit den Kraftstoffverbrauch.
Aufbauten dürfen daher nicht unnötig:

- Fahrwiderstände erhöhen
- Fahreigenschaften verschlechtern.

Die unvermeidbare Rahmendurchbiegung und Rahmenverwindung darf für Aufbau und Fahrzeug keine nachteiligen Eigenschaften verursachen. Sie muss vom Aufbau sicher aufgenommen werden können so bieten sich z.B. bei Ladebrückenaufbauten dreiteilige Bordwände an den Seiten an. Ca.-Wert für die unvermeidliche Durchbiegung:

Formel 21: Ca.-Wert zulässige Durchbiegung

$$f = \frac{\Sigma_1^i l_i + l_ü}{200}$$

Es bedeuten:

f	=	maximale Durchbiegung in [mm]
l_i	=	Radstände, Σl_i = Summe der Radstände in [mm]
$l_ü$	=	Rahmenüberhang in [mm]

Das Widerstandsmoment beeinflusst die Biegespannung, das Flächenträgheitsmoment beeinflusst Durchbiegung und Schwingungsverhalten. Deshalb ist nicht nur auf ein ausreichendes Widerstandsmoment, sondern auch auf ein ausreichendes Flächenträgheitsmoment zu achten. Vom Aufbau sind möglichst wenige Schwingungen auf das Fahrgestell zu übertragen.
Die jeweiligen Einsatzbedingungen am Einsatzort sind für die Auslegung maßgebend. Wir setzen voraus, dass Aufbauhersteller den notwendigen Hilfs- oder Montagerahmen zumindest überschlägig auslegen können.
Vom Aufbauer wird erwartet, dass durch geeignete Maßnahmen eine Fahrzeugüberlastung ausgeschlossen wird.
Die für die Hilfsrahmenauslegung notwendigen Rahmendaten der MAN-Fahrzeuge können in Erfahrung gebracht werden:

- aus der Tabelle ‚Rahmenlängsträger' im Kapitel 4 ‚Fahrgestelle ändern'
- über unseren Onlinedienst MANTED® (www.manted.de)
- aus der Fahrgestellzeichnung (auch über MANTED® erhältlich).

Der Aufbauer muss die im Fahrzeugbau üblichen, unvermeidlichen Toleranzen berücksichtigen.

Hierzu zählen z.B. die Toleranzen von:

- Reifen
- Federn
- Rahmen.

Während des Fahrzeugeinsatzes ist mit weiteren maßlichen Veränderungen zu rechnen, die es bei der Aufbauauslegung zu berücksichtigen gilt.

Hierzu zählen z.B.:

- Federsetzen
- Reifenverformung
- Aufbauverformung.

Der Rahmen darf vor und während der Montage nicht verformt sein. Das Fahrzeug ist vor dem Abstellen auf dem Montageplatz einige Male vor- und zurückzufahren, um eingeprägte Spannungen aus Torsionsmomenten abzubauen. Dies gilt aufgrund der bei Kurvenfahrt vorhandenen Achsverzwängung besonders bei Fahrzeugen mit Doppelachsaggregat. Zur Aufbaumontage ist das Fahrzeug auf einen ebenen Montageplatz zu stellen. Wartungsintervalle von Aufbauten sind nach Möglichkeit denen des Fahrgestells anzupassen, damit der Wartungsaufwand niedrig gehalten wird.

5.1.1 Zugänglichkeit, Freigängigkeit

Die Zugänglichkeit zu den Einfüllstutzen für Kraftstoff und ggf. Harnstoff muss ebenso gegeben sein wie auch die Zugänglichkeit zu allen weiteren Rahmenanbauteilen (z.B. Reserveradaufzug, Batteriekasten). Die Freigängigkeit beweglicher Teile gegenüber dem Aufbau darf nicht beeinträchtigt sein. Bei der Mindestfreigängigkeit ist zu berücksichtigen:

- maximale Einfederung
- dynamische Einfederung während der Fahrt
- Einfederung beim Anfahren oder Abbremsen
- Seitenneigung bei Kurvenfahrt
- Gleitschutzkettenbetrieb
- Notlaufeigenschaften, etwa Federbalgschaden während der Fahrt und daraus folgende Seitenneigung (z.B. 3° Seitenneigung nach ISO 1726 bei Sattelzugmaschinen siehe auch Kapitel ‚Verbindungseinrichtungen').

Oben genannte Kriterien können zum Teil gleichzeitig auftreten. Weder Reifen noch Gleitschutzketten dürfen den Aufbau berühren. Als Restfreiraum (o.a. Kriterien berücksichtigt) empfehlen wir mindestens 30mm. Die in Tabelle 30 angegebenen Werte für auftragende Höhen von Gleitschutzketten dienen lediglich der Information und unterscheiden sich je nach Kettenfabrikat und -bauart.

Bild 48: Auftragende Maße durch Gleitschutzketten ESC-033

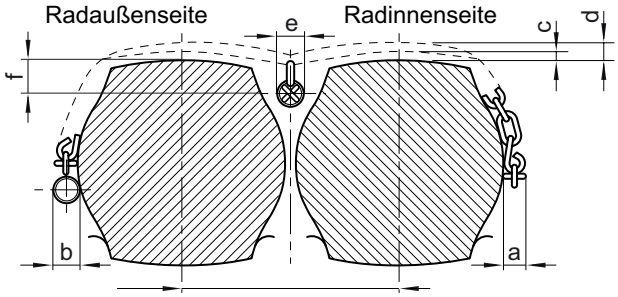


Tabelle 30: Schleudermaße Gleitschutzketten

Quelle: Rud Kettenfabrik Rieger u. Dietz, D-73428 Aalen

Größe	Reifenbezeichnung	a [mm]		b [mm]		c [mm]		d [mm]		e [mm]	f [mm]
		einf.	zwill.	einf.	zwill.	einf.	zwill.	einf.	zwill.	zwill.	zwill.
17,5°	215/75 R 17.5	20	23	36	42	24	28	60	70	42	60
	225/75 R 17.5	20	23	36	42	24	28	60	70	42	60
	235/75 R 17.5	20	23	36	42	24	28	60	70	42	60
	245/75 R 17.5	20	23	36	42	24	28	60	70	42	60
	245/75 R 17.5	20	23	36	42	24	28	60	70	42	60
19,5°	245/70 R 19.5	23	26	38	45	28	32	70	80	48	70
	265/70 R 19.5	23	26	38	45	28	32	70	80	48	70
	285/70 R 19.5	23	26	38	45	28	32	70	80	48	70
	305/70 R 19.5	23	26	38	45	28	32	70	80	48	70
20,0°	335/80 R 20	26	26	38	45	32	32	70	80	48	70
	365/80 R 20	26	26	38	45	32	32	70	80	48	70
	365/85 R 20	26	26	38	45	32	32	70	80	48	70
	375/70 R 20	26	26	38	45	32	32	70	80	48	70
22,5°	10 R 22,5	23	26	38	45	28	32	70	80	48	70
	11 R 22,5	26	26	45	45	32	32	80	80	48	70
	12 R 22,5	26	26	45	45	32	32	80	80	48	70
	13 R 22,5	26	26	45	45	32	32	80	80	48	70
	255/70 R 22.5	23	26	38	45	28	32	70	80	48	70
	275/70 R 22.5	23	26	38	45	28	32	70	80	48	70
	285/60 R 22.5	26	26	45	45	32	32	80	80	48	70
	295/60 R 22.5	26	26	45	45	32	32	80	80	48	70
	295/80 R 22.5	26	26	38	45	32	32	70	80	48	70
	305/60 R 22.5	23	26	38	45	28	32	70	80	48	70
	305/70 R 22.5	23	26	38	45	28	32	70	80	48	70
	315/60 R 22.5	23	26	38	45	28	32	70	80	48	70
	315/70 R 22.5	26	26	38	45	32	32	70	80	48	70
	315/80 R 22.5	26	26	38	45	32	32	70	80	48	70
	385/65 R 22.5	26	26	38	45	32	32	80	80	48	70
	425/65 R 22.5	26	26	38	45	32	32	80	80	48	70

Bei Liftachsen ist auch der Freiraum bei gelifteter Achse zu überprüfen. Der Liftweg muss größer sein als der Federweg an der Triebachse, um einen Bodenkontakt der gelifteten Achse bei dynamischer Einfederung der Triebachse zu vermeiden.

Die Liftfunktion kann eingeschränkt sein aufgrund der:

- Lage der Aufbauunterkante (z.B. niedrige Aufbauten)
- Lastverteilung (z.B. bei Ladekränen am Rahmenende).

MAN empfiehlt in solchen Fällen auf die Liftmöglichkeit zu verzichten. Sie ist zu sperren, wenn bei Leerfahrt im gelifteten Zustand ≥ 80% der zulässigen Triebachslast erreicht oder die Vorderachslast von ≥ 25% nicht erreicht wird.

5.1.2 Tiefersetzen des Aufbaus

Werden Fahrzeuge mit kleineren Reifen ausgerüstet, so kann der Aufbau unter Umständen um das Maß „h_δ“ nachfolgender Formel tiefer gesetzt werden:

Formel 22: Differenzmaß Aufbau tiefer setzen

$$h_\delta = \frac{d_1 - d_2}{2}$$

Es bedeuten:

h_δ	=	Differenzmaß für Tiefersetzung in [mm]
d_1	=	Außendurchmesser des größeren Reifens in [mm]
d_2	=	Außendurchmesser des kleineren Reifens in [mm]

Da der Abstand Rahmenoberkante bis Reifenoberkante um das Maß „h_δ“ verringert wird, kann der Aufbau auch um diesen Betrag tiefer gesetzt werden, wenn keine anderen Gründe dagegen sprechen. Andere Gründe sind z.B. Teile die über Rahmenoberkante hinausragen.

Soll ein Aufbau noch tiefer gesetzt werden, müssen folgende Einflüsse überprüft werden:

- maximale statische Einfederung am ausgelasteten Fahrzeug (= in der Fahrgestellzeichnung gezeichneter Zustand)
- zusätzlicher dynamischer Federweg
- Seitenneigung bei Kurvenfahrt (ca. 7° ohne Gleitschutzketten)
- Auftragshöhen der Gleitschutzketten
- Freigängigkeit von Bauteilen, die bei maximaler Einfederung über Rahmenoberkante kommen können z.B. Bremszylinder
- Freigängigkeit von Getriebe und Schaltgestänge.

Die genannten Kriterien können auch gleichzeitig auftreten.

5.1.3 Auftritte und Plattformen

Auftritte und begehbare Plattformen müssen den jeweiligen Unfallverhütungsvorschriften entsprechen. Zu empfehlen sind Gitterroste oder wechselseitig ausgestanzte Bleche. Geschlossene Bleche oder Bleche mit nur einseitiger Stanzung sind nicht zulässig. Abdeckbleche müssen so ausgestattet sein, dass ablaufendes Wasser nicht in den Entlüfter des Wechselgetriebes eindringen kann.

5.1.4 Korrosionsschutz

Die Beschichtungsqualität von Aufbauten soll generell dem Niveau des Fahrgestells entsprechen.
Zur Sicherstellung dieser Forderung ist für Aufbauten, welche von MAN in Auftrag gegeben werden, die MAN-Norm M 3297 „Korrosionsschutz und Beschichtungssysteme für Fremdaufbauten“ verbindlich anzuwenden. Beauftragt der Kunde den Aufbau, gilt sie als Empfehlung, wobei Nichteinhaltung Gewährleistung durch MAN für die Folgen ausschließt. Bezugsmöglichkeit für MAN-Werknormen besteht über Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“). Anwendungshinweise der MAN-Norm M3297: MAN-Fahrgestelle werden mit umweltfreundlichem 2K-Chassisdecklack auf Wasserbasis bei Trocknungstemperaturen von ca. 80°C beschichtet. Zur Gewährleistung einer gleichwertigen Beschichtung wird bei allen Metallbaugruppen des Aufbaus und des Hilfsrahmens sowie nach folgendem Beschichtungsaufbau vorausgesetzt:

- Metallisch blanke bzw. gestrahlte (SA 2,5) Bauteiloberfläche
- Grundierung: 2K-EP-Haftgrund oder - falls möglich -
- KTL nach MAN-Werknorm M 3078-2 mit Zinkphosphat-Vorbehandlung
- Decklack: 2K-Decklack nach MAN-Werknorm M 3094 vorzugsweise auf Wasserbasis.

Anstelle Grundierung und Decklackierung ist für den Unterbau des Aufbaus (z.B. Längs-, Querträger und Knotenbleche) auch eine Feuerverzinkung möglich, die Schichtdicke muss ≥ 80mm sein.
Der Spielraum für Trocknungs- bzw. Aushärtungszeiten und -temperaturen ist den jeweiligen Datenblättern des Lackherstellers zu entnehmen. Bei der Auswahl und Kombination unterschiedlicher Metallwerkstoffe (z.B. Aluminium und Stahl) ist die Auswirkung der elektrochemischen Spannungsreihe auf Korrosionserscheinungen an den Grenzflächen zu berücksichtigen (Isolierung).
Die Verträglichkeit der Werkstoffe ist zu berücksichtigen; z.B. die elektrochemische Spannungsreihe (Ursache von Kontaktkorrosion).

Nach allen Arbeiten am Fahrgestell:

- Bohrspäne entfernen
- Kanten entgraten
- Hohlräume mit Wachs konservieren.

Mechanische Verbindungselemente (z.B. Schrauben, Muttern, Scheiben, Bolzen) die nicht überlackiert werden, sind optimal gegen Korrosion zu schützen. Zur Vermeidung von Korrosion durch Salzeinwirkung während Standzeiten in der Aufbauphase, sind alle Fahrgestelle nach der Ankunft beim Aufbauhersteller mit Klarwasser von Salzrückständen zu befreien.

5.2 Hilfsrahmen

Der Hilfsrahmen muss die gleiche äußere Breite wie der Fahrgestellrahmen haben und der Außenkontur des Hauptrahmens folgen. Ausnahmen bedürfen der vorherigen Genehmigung durch MAN, Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“).

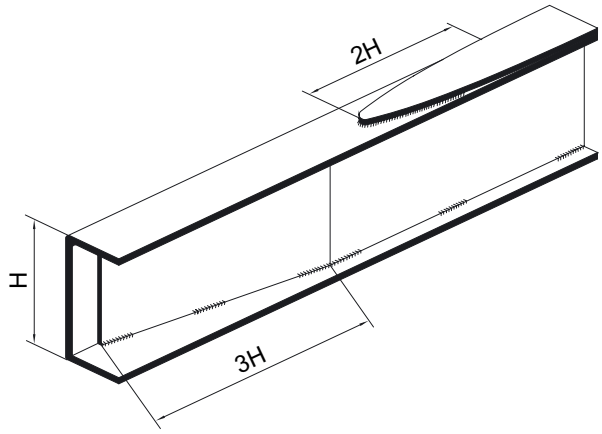
Wenn ein Hilfsrahmen erforderlich ist, dann ist dieser durchgehend auszuführen. Er darf nicht unterbrochen oder seitlich ausgebogen sein (Ausnahmen z.B. bei einigen Kippern bedürfen der Genehmigung).

Der Längsträger des Hilfsrahmens muss eben auf dem oberen Flansch der Rahmenlängsträger aufliegen.

Punktlasten sind zu vermeiden. Soweit möglich sollen Hilfsrahmen verdrehweich gestaltet werden. Torsionssteife Kastenprofile nur dann verwenden, wenn keine andere konstruktive Möglichkeit gegeben ist (Ausnahmen gelten für Ladekräne, siehe Abschnitt ‚Ladekran‘ in diesem Kapitel → 5.3.8). Die im Fahrzeugbau üblichen abgekanteten U-Profile kommen der Forderung nach Verdrehweichheit am ehesten entgegen. Walzprofile sind nicht geeignet.

Wird ein Hilfsrahmen an verschiedenen Stellen zum Kasten geschlossen, so ist für einen allmählichen Übergang vom Kasten zum U-Profil zu sorgen. Der Übergang vom geschlossenen zum offenen Profil muss wenigstens auf der dreifachen Länge der Hilfsrahmenhöhe erfolgen (siehe Bild 49).

Bild 49: Übergang vom Kasten- zum U-Profil ESC-043



Die von uns empfohlenen Hilfsrahmengrößen entbinden den Aufbauer nicht von seiner Sorgfaltspflicht den Hilfsrahmen nochmals auf seine Eignung zu überprüfen.

Die Streckgrenze, auch Dehngrenze oder $\sigma_{0,2}$-Grenze genannt, darf in keinem Fahr- oder Belastungszustand überschritten werden, Sicherheitsbeiwerte sind zu berücksichtigen.

Empfohlene Sicherheitsbeiwerte:

- 2,5 im Fahrtbetrieb
- 1,5 bei Belastung im Stand.

Streckgrenzen verschiedener Hilfsrahmenwerkstoffe siehe Tabelle 31.

Tabelle 31: Streckgrenzen von Hilfsrahmenwerkstoffen

Werkstoff-nummer	Werkstoff bez. alt	Norm alt	$\sigma_{0,2}$ [N/mm²]	$\sigma_{0,2}$ [N/mm²]	Werkstoff bez. neu	Norm neu	Eignung für Fahrgestellrahmen / Hilfsrahmen
1.0037	St37-2	DIN 17100	≥ 235	340-470	S235JR	DIN EN 10025	nicht geeignet
1.0570	St52-3	DIN 17100	≥ 355	490-630	S355J2G3	DIN EN 10025	gute Eignung
1.0971	QStE260N	SEW 092	≥ 260	370-490	S260NC	DIN EN 10149-3	nur bei L2000 4x2, nicht bei Punktlasten
1.0974	QStE340TM	SEW 092	≥ 340	420-540	(S340MC)		nicht bei Punktlasten
1.0978	QStE380TM	SEW 092	≥ 380	450-590	(S380MC)		gute Eignung
1.0980	QStE420TM	SEW 092	≥ 420	480-620	S420MC	DIN EN 10149-2	gute Eignung
1.0984	QStE500TM	SEW 092	≥ 500	550-700	S500MC	DIN EN 10149-2	gute Eignung

Die Werkstoffe S235JR (St37-2) und S260NC (QStE260N) sind als Hilfsrahmen nicht bzw. nur bedingt geeignet.
Sie sind ausschließlich bei Streckenlasten zugelassen. Zur Verstärkung eines Rahmens bzw. bei aufgebauten Aggregaten mit lokaler Krafteinleitung (z.B. Ladebordwände, Kräne, Seilwinden) sind Stahlwerkstoffe mit einer Streckgrenze von $\sigma_{0,2} \geq 350$ N/mm² erforderlich.

Scharfe Kanten dürfen nicht auf die Rahmenlängsträger einwirken.
Daher Kanten gut entgraten, abrunden oder abschrägen.

Fahrzeuge der Baureihe F2000 können je nach Typ, Radstand und Ausführung anstelle einer Rahmenlängsträgerhöhe von 330 mm eine Höhe von 270 mm aufweisen Bei einer Rahmenlängsträgerhöhe von 270 mm ist ein durchgehender Hilfsrahmen zu verwenden (Ausnahme: Selbsttragende Aufbauten ohne Hilfsrahmen, siehe Abschnitt 5.2.2.4 und Wechselbehälter, siehe Abschnitt 5.3.7 in diesem Kapitel). Die Rahmenlängsträgertabellen am Anfang des Kapitels 4 ‚Fahrgestelle ändern' weisen jedem Fahrzeug seine entsprechende Rahmenlängsträgerhöhe zu. Hilfsrahmen und Rahmenlängsträger müssen zusammen mindestens das Flächenträgheits- und Widerstandsmoment des 330 mm hohen Rahmenlängsträgers erreichen. Ob eine schubstarre oder schubweiche Verbindung gewählt wird, hängt von der jeweiligen Aufbausituation ab. Der Aufbau ohne Hilfsrahmen ist denkbar, wenn die Auflagen im Abschnitt 5.2.2.4 ‚Selbsttragende Aufbauten ohne Hilfsrahmen' beachtet werden und sichergestellt ist, dass die Aufbaukonstruktion die Mehrbelastung verträgt.

Die Freigängigkeit aller beweglichen Teile darf durch die Hilfsrahmenkonstruktion nicht eingeschränkt werden.

5.2.1 Hilfsrahmengestaltung

Folgende Fahrzeuge benötigen einen durchgehenden Hilfsrahmen:

- L2000: alle Typnummern
- M2000L, M2000M Typnummern der Tabelle 32.

Tabelle 32: Typen, für die ein durchgehender Hilfsrahmen erforderlich ist

Tonnage	Typ
L2000	
8/9 t	L20
	L21
	L22
	L23
	L33
	L34
10 t	L24
	L25
	L26
	L27
	L35
	L36

Tonnage	Typ
M2000L	
12 t	L70
	L71
	L72
	L73
14 t	L74
	L75
	L76
	L77
	L79
	L80
15/20 t	L81
	L82
	L83
	L84
	L86

Tonnage	Typ
M2000M	
14 t	M31
	M32
	M33
	M34

Der Hilfsrahmenlängsträger muss ein Flächenträgheitsmoment von ≥ 100 cm^4 aufweisen.
Profile, die diesem Flächenträgheitsmoment entsprechen, sind z.B.:

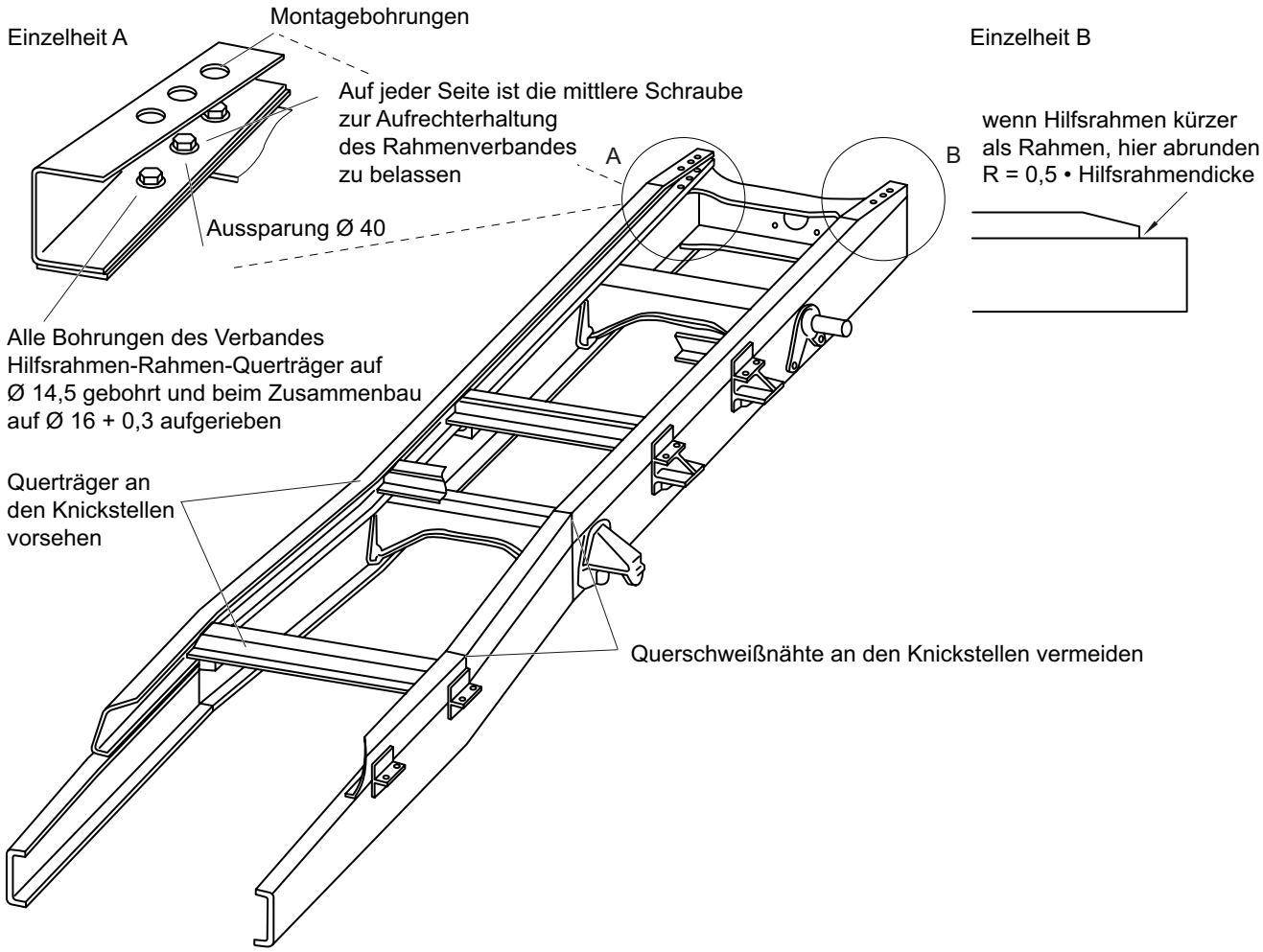
- U 90/50/6
- U 95/50/5
- U 100/50/5
- U 100/55/4
- U 100/60/4
- U 110/50/4.

Mindestqualität S355J2G3 (= St 52-3) oder anderer Stahlwerkstoff mit einer Streckgrenze von $\sigma_{0,2} \geq 350$ N/mm².
Werkstoffe geringerer Streckgrenze sind ausschließlich bei Streckenlasten zugelassen.

Hilfsrahmenquerträger nach Möglichkeit über der Position der Rahmenquerträger anordnen.

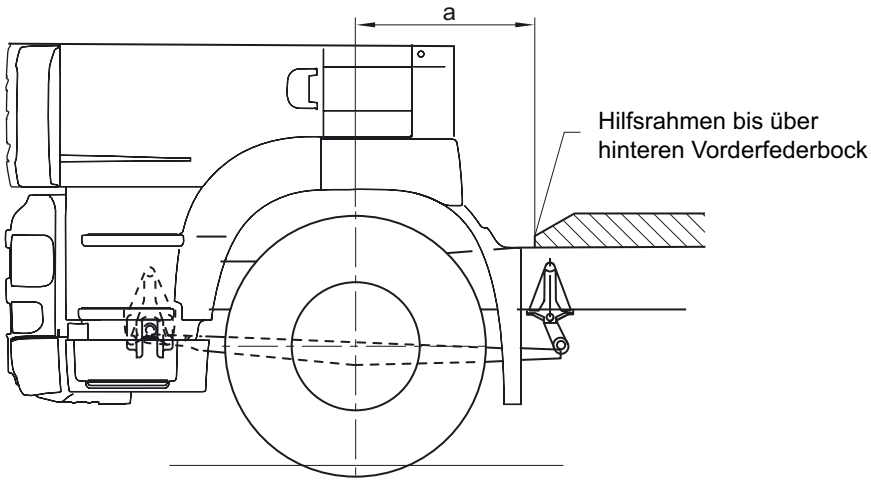
Bei der Hilfsrahmenmontage soll der Hauptrahmenverband nicht gelöst werden.

Bild 50: Hilfsrahmengestaltung ESC-096


Einzelheit A
Montagebohrungen
Auf jeder Seite ist die mittlere Schraube zur Aufrechterhaltung des Rahmenverbandes zu belassen
Aussparung Ø 40
A
B
Einzelheit B
wenn Hilfsrahmen kürzer als Rahmen, hier abrunden R = 0,5 • Hilfsrahmendicke
Alle Bohrungen des Verbandes Hilfsrahmen-Rahmen-Querträger auf Ø 14,5 gebohrt und beim Zusammenbau auf Ø 16 + 0,3 aufgerieben
Querträger an den Knickstellen vorsehen
Querschweißnähte an den Knickstellen vermeiden

Der Hilfsrahmenlängsträger muss möglichst weit nach vorne reichen, mindestens jedoch bis über den hinteren Vorderfederbock (siehe Bild 51). Bei luftgefederter 1. Achse empfehlen wir einen Abstand „a“ von ≤ 600 mm zwischen Radmitte 1. Achse und Hilfsrahmen.

Bild 51: Hilfsrahmenabstand von Mitte 1. Achse ESC-097



Um die geforderten Maße einhalten zu können, muss der Hilfsrahmen der Rahmenkontur folgen, er darf vorne abgeschrägt oder ausgespart sein (Beispiele siehe Bild 52 bis Bild 55).

Bild 52: Hilfsrahmenabschrägung vorne ESC-030

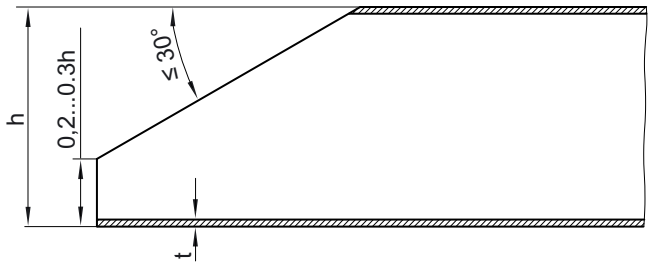


Bild 53: Hilfsrahmenaussparung vorne ESC-031

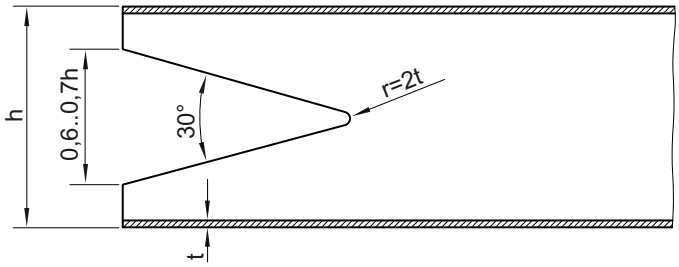


Bild 54: Hilfsrahmen - Anpassung durch Spreizen ESC-098

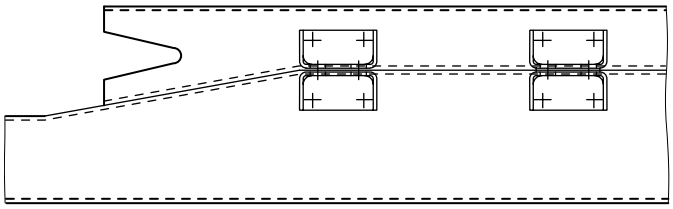
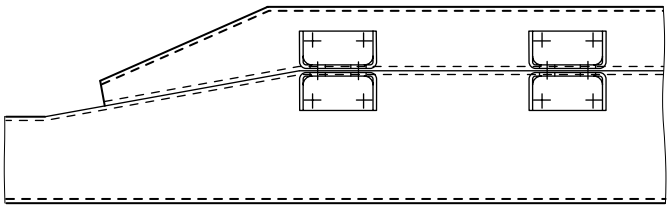


Bild 55: Hilfsrahmen - Anpassung durch Abschrägen ESC-099



5.2.2 Befestigen von Hilfsrahmen und Aufbauten

Hilfsrahmen und Fahrzeugrahmen sind schubweich oder schubstarr zu verbinden. Je nach Aufbausituation sind beide Verbindungsarten gleichzeitig möglich bzw. erforderlich (man spricht dann von teilweise schubstarr und gibt Länge und Bereich der schubstarren Verbindung an). Die Anwendung ist festigkeitsbedingt. Schubstarre Verbindungen sind dann vorzusehen, wenn ein schubweicher Verband nicht mehr ausreicht.

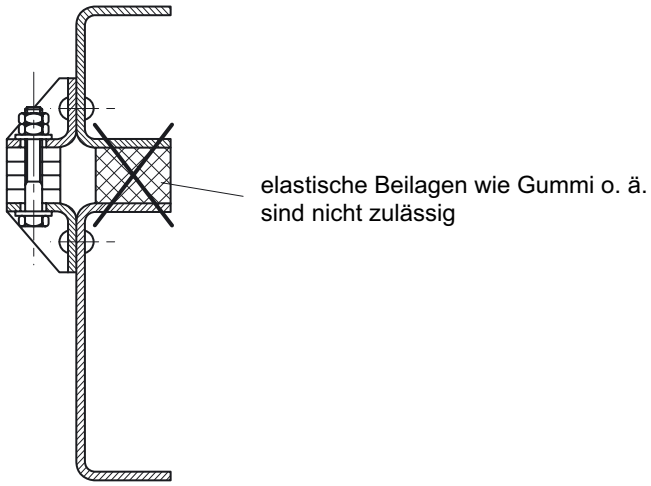
Nur bei schubstarren Verbindungen ist der „Steiner'sche Satz" auf Rahmen und Hilfsrahmen zusammen anwendbar. Mit seiner Hilfe lässt sich das Flächenträgheitsmoment des Gesamtverbands aus Rahmen und Hilfsrahmen ermitteln.

Die von MAN montierten oder lose mitgelieferten Befestigungswinkel sind nur für die Montage von Ladebrücken und Kofferaufbauten gedacht. Die Eignung für andere An- und Aufbauten ist zwar nicht ausgeschlossen, jedoch ist zu überprüfen, ob beim Aufbau von Arbeitsgeräten und -maschinen, Hebezeugen, Tankaufbauten usw. eine ausreichende Festigkeit gegeben ist.

Die Krafteinleitung aus dem Aufbau in den Hilfsrahmen - insbesondere die Befestigung des Aufbaus gegenüber dem Rahmenverband - sowie die zugehörigen Verbindungen zum Hauptrahmen liegen in der Verantwortung des Aufbauherstellers.

Holzbeilagen und elastische Beilagen zwischen Rahmen und Hilfsrahmen oder Rahmen und Aufbau sind nicht zulässig (siehe Bild 56). Ausnahmen sind nur nach Rückfrage möglich (Abteilung ESC, Anschrift siehe oben unter „Herausgeber").

Bild 56: Elastische Beilagen ESC-026



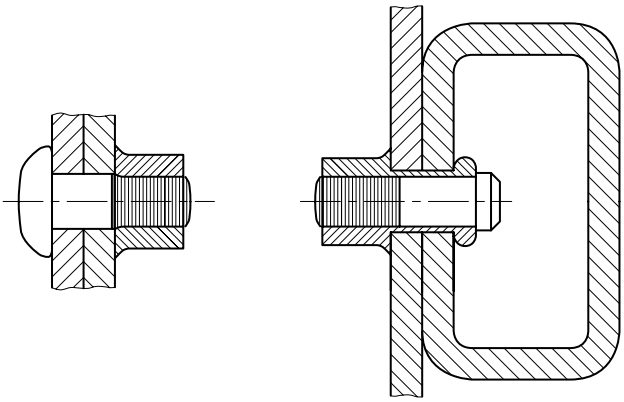
5.2.2.1 Schraub- und Nietverbindung

Zulässig sind Schraubverbindungen mindestens Festigkeitsklasse 10.9 mit mechanischer Losdrehsicherung. MAN empfiehlt Ripp-Schrauben/ -muttern. Der Mutternwerkstoff muss dem Schraubenwerkstoff entsprechen. Das Anzugsdrehmoment nach Schraubenherstellervorgaben ist einzuhalten.

Ebenfalls möglich ist auch die Verwendung von hochfesten Nieten (z.B. Huck®-BOM oder Schließringbolzen) mit Verarbeitung nach Herstellervorgaben. Die Nietverbindung muss hinsichtlich Ausführung und Festigkeit mindestens der Schraubverbindung entsprechen.

Zulässig - durch MAN aber nicht erprobt - sind auch Flanschschrauben. MAN weist darauf hin, dass Flanschschrauben durch das Fehlen einer echten Losdrehsicherung enorme Anforderungen an die Montagegenauigkeit stellen. Dies gilt insbesondere bei geringen Klemmlängen.

Bild 57: Nietverbindung bei offenen und bei geschlossenen Profilen ESC-157



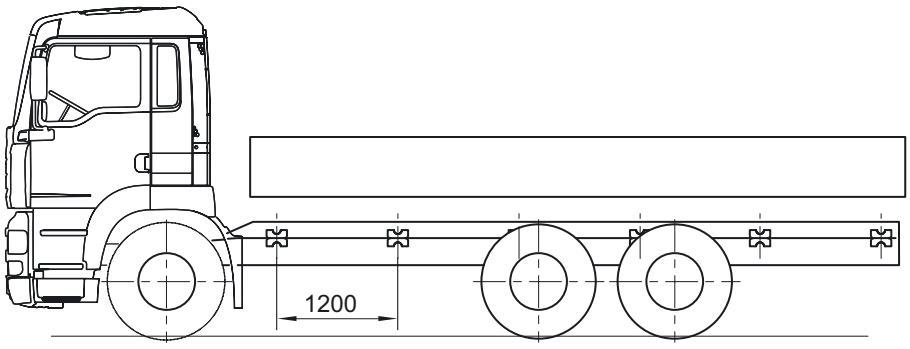
5.2.2.2 Schubweiche Verbindung

Schubweiche Verbindungen sind kraft-/ reibschlüssig. Eine Relativbewegung zwischen Rahmen- und Hilfsrahmen ist bedingt möglich. Alle Aufbauten oder Hilfsrahmen, die durch Befestigungswinkel mit dem Fahrzeugrahmen verschraubt werden, sind schubweiche Verbindungen. Auch wenn Schubbleche verwendet werden sind diese Verbindungselemente zunächst als schubweich zu betrachten. Erst wenn durch Berechnung die Eignung nachgewiesen ist, kann diese Verbindungsart als schubstarr anerkannt werden.

Bei einer schubweichen Verbindung sind zunächst die am Fahrgestell vorgesehenen Befestigungspunkte zu verwenden.
Sind diese nicht ausreichend oder aus konstruktiven Gründen nicht verwendbar, dann sind zusätzliche Befestigungen an geeigneten Stellen vorzusehen. Bei zusätzlich erforderlichen Rahmenbohrungen ist auch Kapitel 4 ‚Fahrgestelle ändern', Abschnitt ‚Bohrungen, Niet- und Schraubverbindungen am Rahmen' zu beachten.

Die Anzahl der Befestigungen ist so zu wählen, dass der Mittenabstand zwischen den Befestigungspunkten 1200mm nicht überschreitet (siehe Bild 58).

Bild 58: Abstand Hilfsrahmen- und Aufbaubefestigung ESC-100



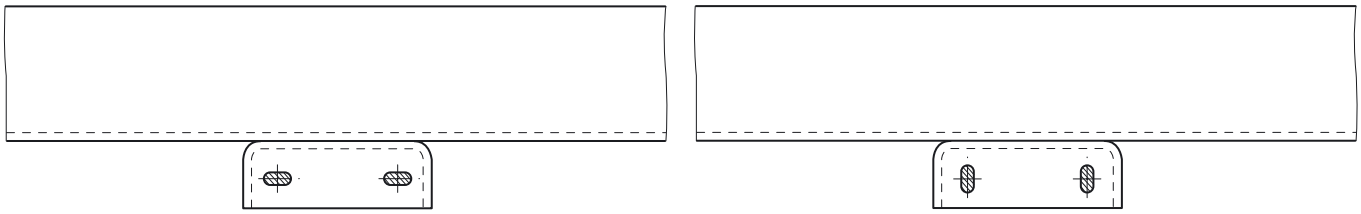
Werden MAN-Befestigungswinkel lose oder am Fahrzeug mitgeliefert, entbindet dies den Aufbauer nicht von der Pflicht zu prüfen, ob Anzahl und Anordnung (vorhandene Rahmenbohrungen) für seinen Aufbau richtig bzw. ausreichend sind.

Die Befestigungswinkel an MAN-Fahrzeugen sind mit Langlöchern versehen, die in Fahrzeuglängsrichtung weisen (siehe Bild 59).

Sie gleichen Toleranzen aus und lassen bei schubweichen Verbindungen die unvermeidbare Längsbewegung zwischen Rahmen und Hilfsrahmen, bzw. zwischen Rahmen und Aufbau, zu.

Zum Ausgleich der Breitenabstandsmaße können die Befestigungswinkel des Hilfsrahmens ebenfalls mit Langlöchern versehen werden, die allerdings quer zur Fahrzeuglängsrichtung angeordnet sein müssen (siehe Bild 59).

Bild 59: Befestigungswinkel mit Langlöchern ESC-038

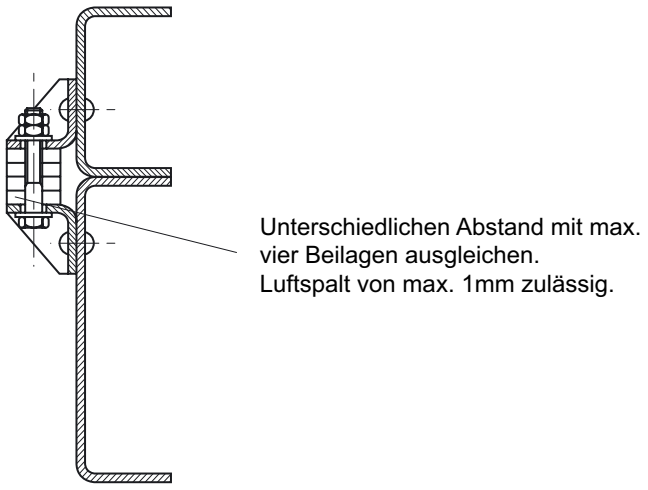


Befestigungswinkel am Rahmen

Befestigungswinkel am Hilfsrahmen

Der unterschiedliche Abstand (Luftspalt) zwischen den Befestigungswinkeln von Rahmen und Hilfsrahmen ist durch Einfügen von Beilagen mit entsprechender Dicke auszugleichen (siehe Bild 60). Die Beilagen müssen aus Stahl sein.
Qualität S235JR (= St37-2) ist ausreichend. Mehr als vier Beilagen an einer Befestigungsstelle sind zu vermeiden.

Bild 60: Beilagen zwischen Befestigungswinkeln ESC-028



Besteht die Gefahr, dass die Befestigungsschrauben sich lockern, dann sind Schrauben mit einer Länge von ca. 100 bis 120 mm zu verwenden. Dies mindert die Lockerungsgefahr, da entsprechend lange Schrauben eine höhere elastische Dehnfähigkeit (Absolutwert) aufweisen. Bei langen Schrauben sind in Verbindung mit normalen Befestigungswinkeln Distanzhülsen beizufügen (siehe Bild 62).

Die Befestigung nach Bild 63 wird bei starren Aufbauten empfohlen.
Bei extremen Rahmenverwindungen lässt diese Befestigungsart ein begrenztes und kontrolliertes Abheben des Aufbaus zu.

Als Schraubengrößen werden empfohlen:

- für L2000: M12 x 1,5
- für alle anderen Fahrzeuge: M14 x 1,5 oder M16 x 1,5.

Schraubverbindungen siehe auch Kapitel 4 ‚Fahrgestelle ändern', Abschnitt ‚Bohrungen, Niet- und Schraubverbindungen am Rahmen'.
Der Mutternwerkstoff muss dem Schraubenwerkstoff entsprechen. Muttern sind zu sichern.
Selbstsichernde Muttern dürfen nur einmal verwendet werden.

Bild 61: Befestigungswinkel für lange Schrauben ESC-018

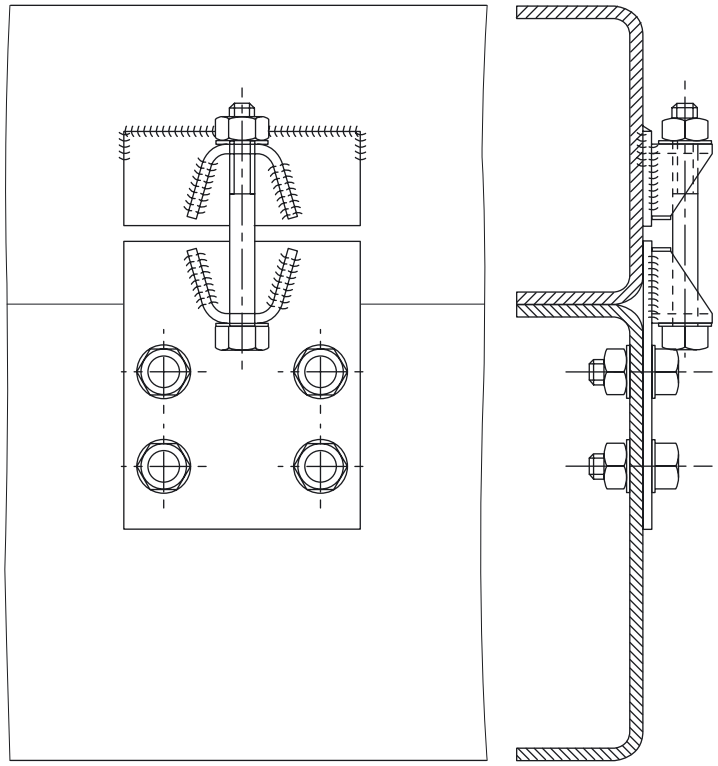


Bild 62: Distanzhülsen bei langen Schrauben ESC-035

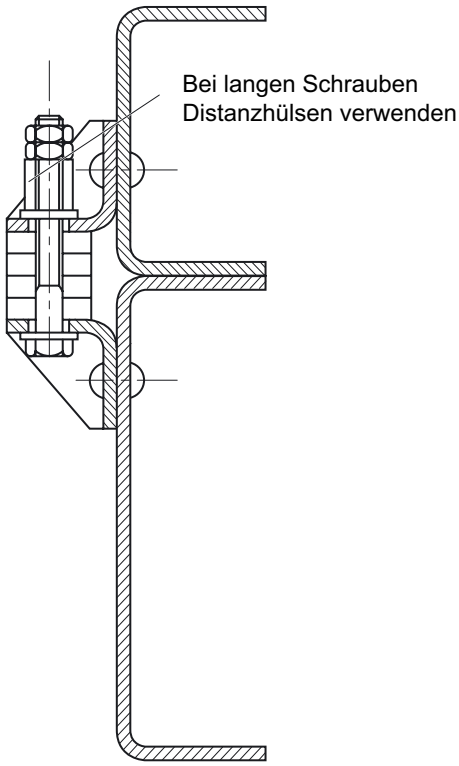


Bild 63: Lange Schrauben und Tellerfedern ESC-101

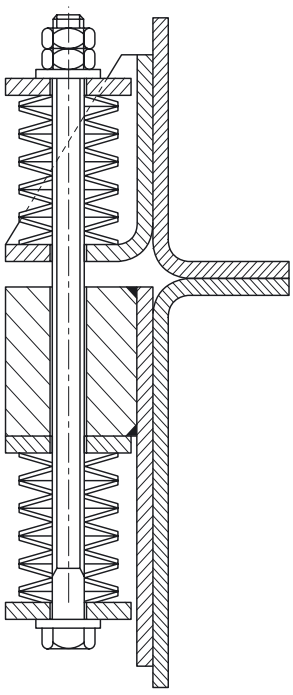


Bild 64: Hilfsrahmenbefestigung mit Laschen ESC-010

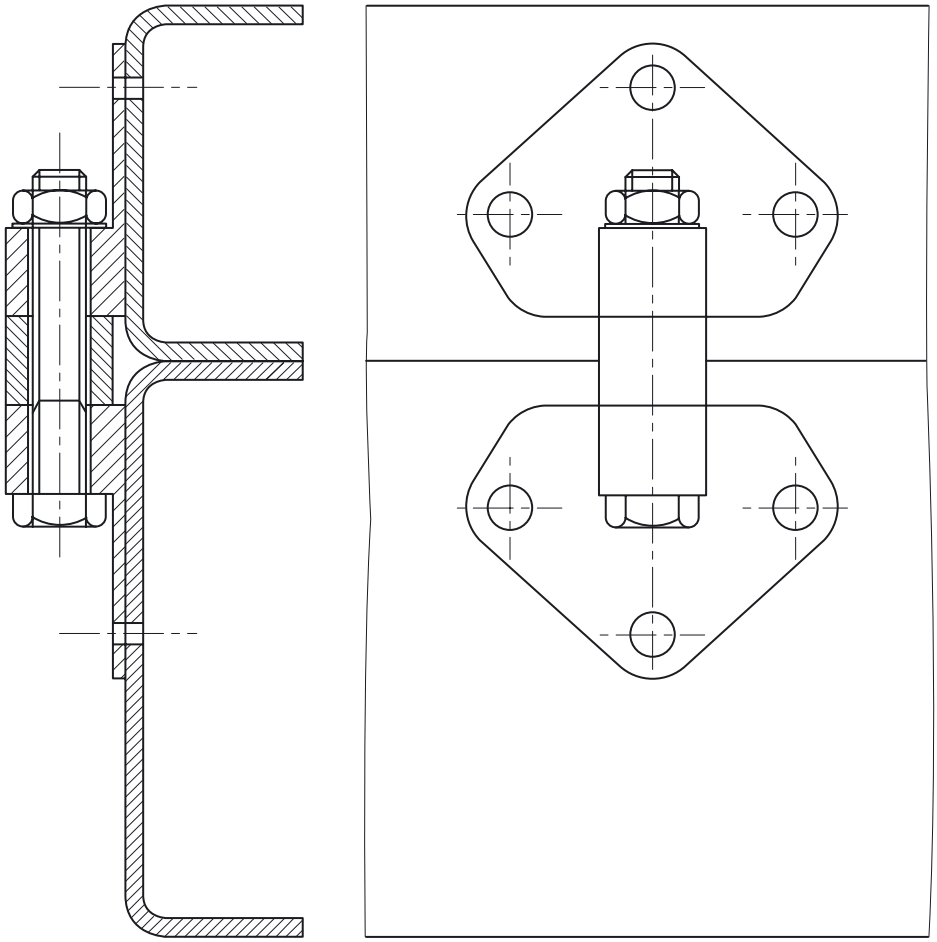


Bild 65: Bridenbefestigung ESC-123

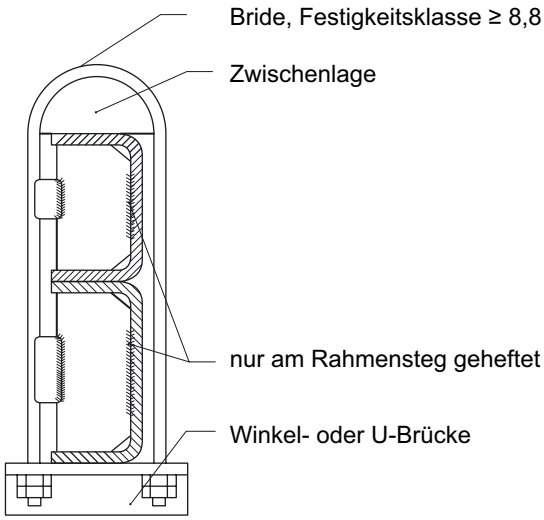


Bild 66: Doppelbefestigung ESC-027

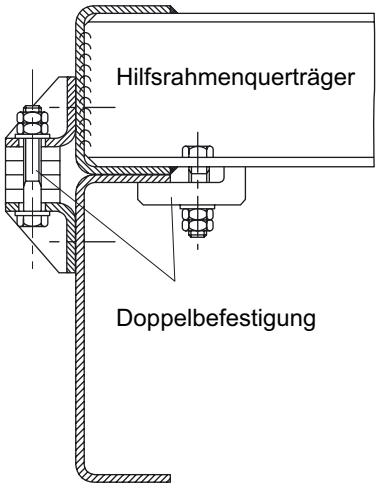
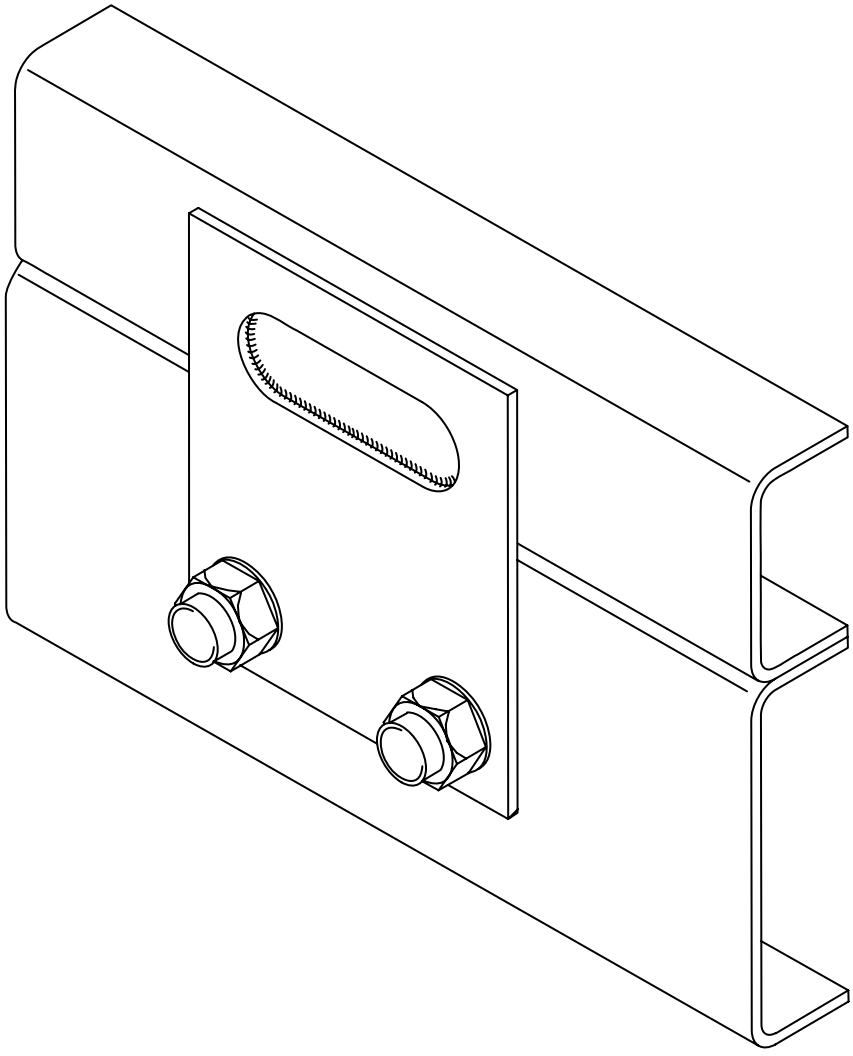


Bild 67: Hilfsrahmenbefestigung mit Lochschweißung ESC-025



5.2.2.3 Schubstarre Verbindung

Bei schubstarren Verbindungen ist eine Relativbewegung zwischen Rahmen und Hilfsrahmen nicht mehr möglich.
Der Hilfsrahmen folgt also allen Bewegungen des Rahmens. Schubstarre Verbindungen sind dann anzuwenden,
wenn schubweiche Verbindungen nicht ausreichen oder der Hilfsrahmen bei einer schubweichen Verbindung unzumutbar
große Querschnittsmaße erhalten würde. Ist die schubstarre Verbindung einwandfrei, dann werden Rahmen- und Hilfsrahmenprofil
im Bereich der schubstarren Verbindung bei der Berechnung als ein einziges Profil betrachtet.

Ab Werk gelieferte Befestigungswinkel sind nicht schubstarr. Das gleiche gilt auch für andere Verbindungen, die auf Kraft- oder
Reibschluss wirken. Nur formschlüssige Verbindungsmittel sind schubstarr. Formschlüssige Verbindungsmittel sind Niete oder
Schrauben. Schrauben jedoch nur dann, wenn ein Lochspiel von ≤ 0,2 mm eingehalten wird.

Es sind in allen Fällen Vollschaftschrauben der Mindestqualität 10.9 vorzusehen. Zulässige Schraubverbindungen siehe auch Kapitel 4
‚Fahrgestelle ändern', Abschnitt ‚Bohrungen, Niet- und Schraubverbindungen am Rahmen'.

Die Lochwandungen dürfen nicht mit den Schraubengewindegängen in Berührung kommen, siehe Bild 68.
Aufgrund der geringen erforderlichen Klemmlänge können Distanzhülsen wie in Bild 68 bis Bild 70 zur Anwendung kommen.

Bild 68: Berührung Schraubengewinde an Lochwandung ESC-029

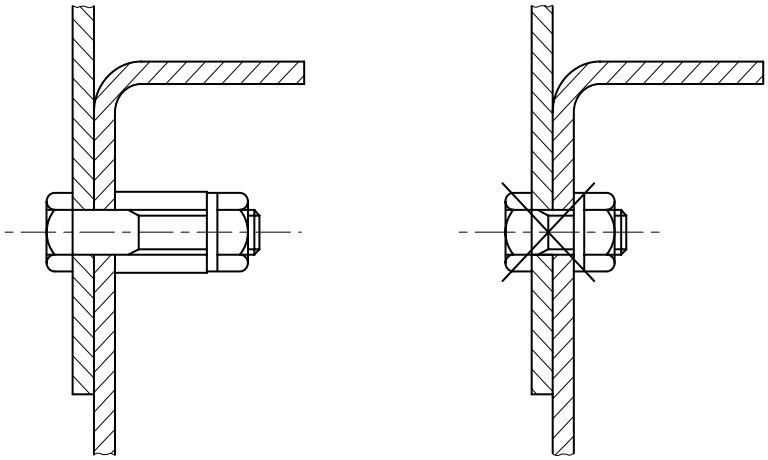
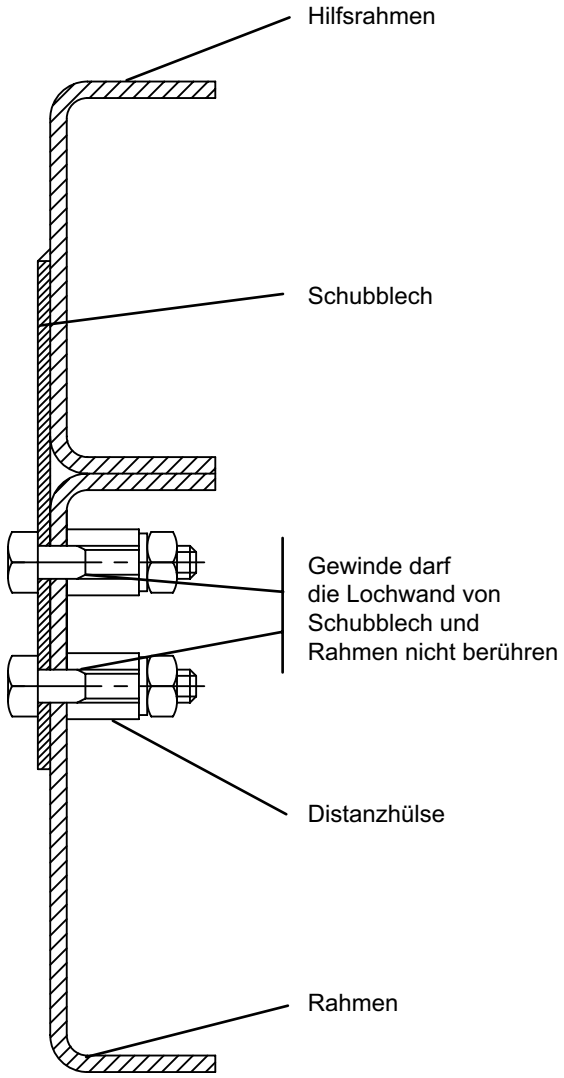
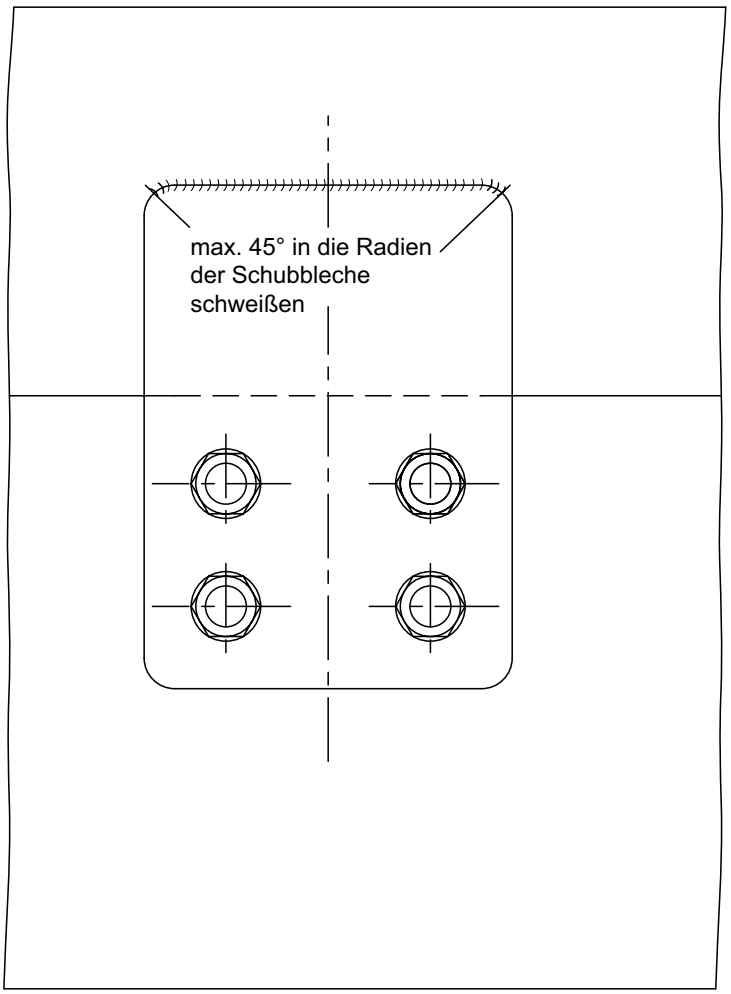


Bild 69: Schubblechmontage **Bild 70:** Schubblechmontage, langes Schubblech ESC-019 mit Schrauben ESC-037





Werden vorhandene Rahmenbohrungen für die schubstarre Verbindung verwendet und ist der vorhandene Bohrungsdurchmesser mit dem Schraubendurchmesser aufgrund der geforderten Toleranz von ≤ 0,2mm nicht vereinbar, dann ist der nächst größere Normalgewindedurchmesser vorzusehen.

Beispiel:

Ist eine Bohrung ø 15 vorhanden, dann wird diese Bohrung auf ø 16 +0,2 aufgebohrt und eine Schraubengewindegröße M16 x 1,5 gewählt.

Schubbleche können pro Rahmenseite aus einem Stück bestehen, einzelne Schubbleche sind jedoch vorzuziehen.
Die Schubblechdicke soll der Rahmenstegdicke entsprechen, eine Toleranz von +1mm ist zulässig. Um den Rahmen in seiner Verwindungsfähigkeit möglichst wenig zu beeinträchtigen, sind Schubbleche nur dort anzubringen, wo sie unbedingt erforderlich sind.

Beginn, Ende sowie die erforderliche Länge einer schubstarren Verbindung sind rechnerisch bestimmbar. Der Berechnung entsprechend ist die Befestigung auszulegen. Für die übrigen Befestigungspunkte außerhalb des definierten schubstarren Bereichs können andere geeignete Befestigungen gewählt werden (siehe Abschnitt 5.2.2.2 ‚Schubweiche Verbindung').

5.2.2.4 Selbsttragende Aufbauten ohne Hilfsrahmen

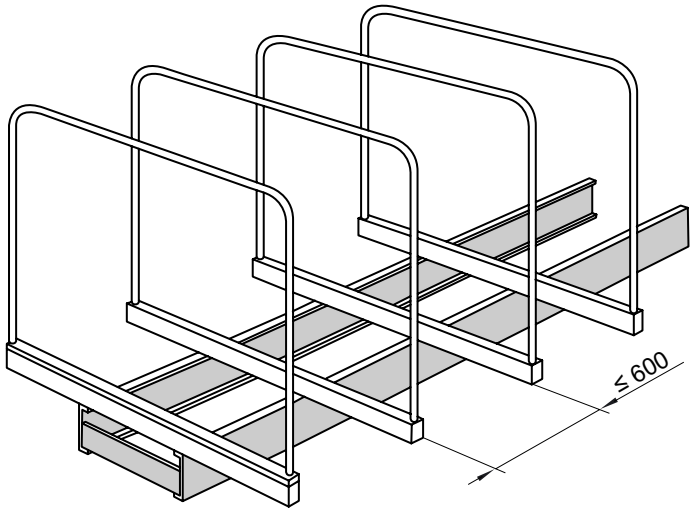
Ein Hilfsrahmen ist nicht erforderlich, wenn:

- ein ausreichendes Widerstandsmoment (beeinflusst die Biegespannung)
- ein ausreichendes Flächenträgheitsmoment (beeinflusst die Durchbiegung)

gegeben ist.

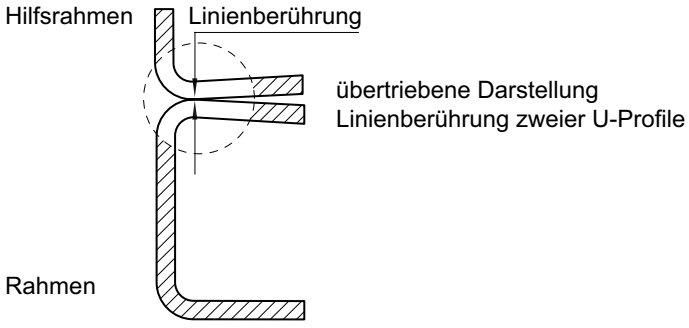
Ist der Aufbau selbsttragend und kommen Punktlasten und Hecklasten (z.B. Ladebordwand, Stützlasten) nicht vor, dann kann u.U. auf einen Hilfsrahmen verzichtet werden, wenn die Querträgerabstände des Aufbaus nicht mehr als 600mm betragen (siehe Bild 71). Nur im Bereich der Hinterachsen ist eine Überschreitung des Maßes von 600mm zulässig.

Bild 71: Querschwellerabstand bei Entfall Hilfsrahmen ESC-001



Auch bei hilfsrahmenloser Bauweise muss die Zugänglichkeit zu den Einfüllstutzen für Kraftstoff und ggf. Harnstoff-Wasser (AdBlue®) ebenso gegeben sein, wie die Zugänglichkeit zu allen weiteren Rahmenanbauteilen (z.B. Reserveradaufzug, Batteriekasten).
Die rahmenseitigen Auflagen müssen die aufgrund der „Hertz'schen Flächenpressung" ermittelbaren Mindestlängen aufweisen.
Dabei ist von der „Linienberührung zweier Zylinder" auszugehen und nicht von der „Linienberührung Zylinder auf Ebene".
Bild 72 stellt eine übertrieben dargestellte Verformung von zwei aufeinander liegenden U-Profilen dar.
Ein Berechnungsbeispiel ist im Kapitel 9 ‚Berechnungen' zu finden.

Bild 72: Verformung zweier U-Profile ESC-120



Ausreichende Festigkeitswerte geben noch keine Gewähr für ein einwandfreies Funktionieren (z.B. anderes Dehnungsverhalten bei Aufbauten aus Aluminiumlegierungen).

Schwingungsprobleme sind bei Aufbauten ohne Hilfsrahmen nicht auszuschließen. MAN macht keine Aussagen über das Schwingungsverhalten von Fahrzeugen mit hilfsrahmenlosen Aufbauten, da das Schwingungsverhalten vom Aufbau und dessen Anbindung an das Fahrzeug abhängt. Treten unzulässige Schwingungen auf, ist deren Ursache zu beseitigen, weshalb die nachträgliche Montage eines Hilfsrahmens trotzdem erforderlich werden kann.

5.3 Sonderaufbauten

5.3.1 Aufbauprüfung

MAN, Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“) kann im Rahmen einer Aufbauüberprüfung bei Sonderaufbauten rechnerische Prüfungen von Festigkeit und Biegesteifigkeit durchführen, wenn die erforderlichen Daten lückenlos vorliegen.

Zur Berechnung wird eine prüffähige Aufbaudokumentation in zweifacher Ausfertigung benötigt.

Diese Dokumentation muss neben der Aufbauzeichnung folgende Angaben enthalten:

- Lasten und deren Lastangriffspunkte:
  - Kräfte
  - Maße
  - Achslastberechung
- Einsatzbedingungen:
  - Straße
  - Gelände etc.
  - Ladegut
- Hilfsrahmen:
  - Werkstoff und Querschnittswerte
  - Maße
  - Profilart
  - Qualität
  - Querträgeranordnung im Hilfsrahmen
  - Besonderheiten der Hilfsrahmengestaltung
  - Querschnittsänderungen
  - zusätzliche Verstärkungen
  - Kröpfungen etc.
- Verbindungsmittel:
  - Positionierung
  - Art
  - Größe
  - Anzahl.

5.3.2 Drehschemelaufbau

Der mit einer Sattelkupplung vergleichbare Drehschemelaufbau benötigt immer einen Hilfsrahmen.
Hierbei ist besonders auf eine einwandfreie Verbindung des Hilfsrahmens mit dem Fahrgestellrahmen zu achten.

Eine Positionierung des Drehpunktes für den Schemelaufbau hinter der theoretischen Hinterachsmitte muss hinsichtlich der Achslastverteilung und des Fahrverhaltens überprüft werden. Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“) erteilt Auskunft.

Schriften:

- Richtlinien für die Prüfung von Langholzfahrzeugen zu § 43 StVZO
- Berufsgenossenschaftliche Richtlinien für Langholzfahrzeuge (ZH 1/588).

5.3.3 Tank- und Behälteraufbau

5.3.3.1 Allgemeines

Je nach Transportgut sind die Fahrzeuge von den zuständigen Stellen entsprechend nationaler Auflagen, Richtlinien und Vorschriften auszurüsten. In Deutschland geben über die Beförderung gefährlicher Güter (nach GGVS) die Gefahrgutbeauftragten der technischen Überwachung (DEKRA, TÜV's) Auskunft.

5.3.3.2 Aufbaubefestigung, Lagerung

Tank- und Behälteraufbauten benötigen einen durchgehenden Hilfsrahmen, Streckgrenze $\sigma_{0,2} \geq 350$ N/mm² (z.B. S355J2G3 = St52-3, siehe auch Tabelle 31: Streckgrenzen von Hilfsrahmenwerkstoffen). Die Bedingungen für freigegebene Ausnahmen sind im folgenden Abschnitt ‚Hilfsrahmenlose Tank- und Behälteraufbauten' beschrieben.

Die Verbindung zwischen Aufbau und Fahrgestell muss im vorderen Bereich so ausgebildet sein, dass die Verwindungsfähigkeit des Rahmens nicht übermäßig behindert wird.

Dies kann mit einer möglichst verdrehweichen vorderen Lagerung erreicht werden z.B. mit

- Pendellagerung (Bild 73)
- elastischer Lagerung (Bild 74).

Bild 73: Vorderes Lager als Pendellagerung ESC-103

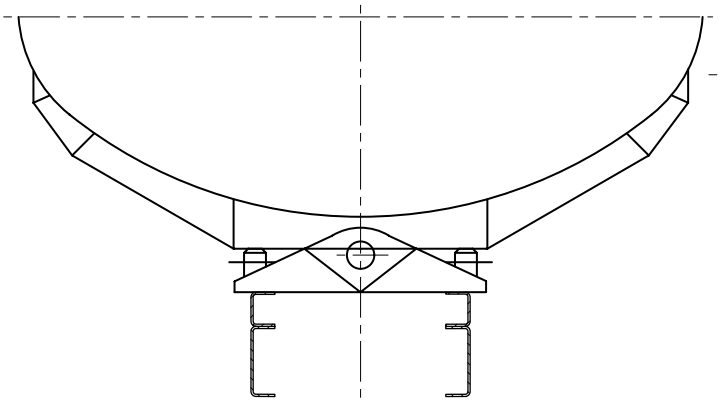
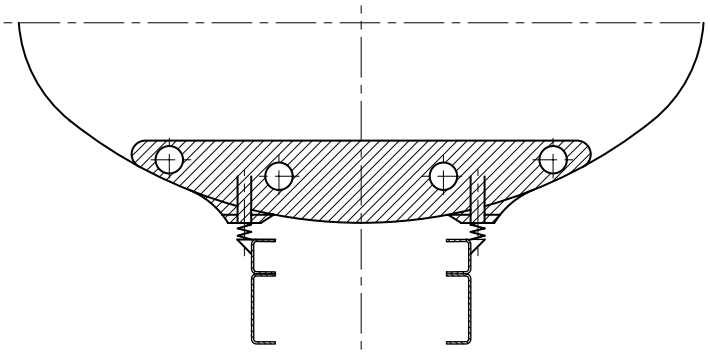
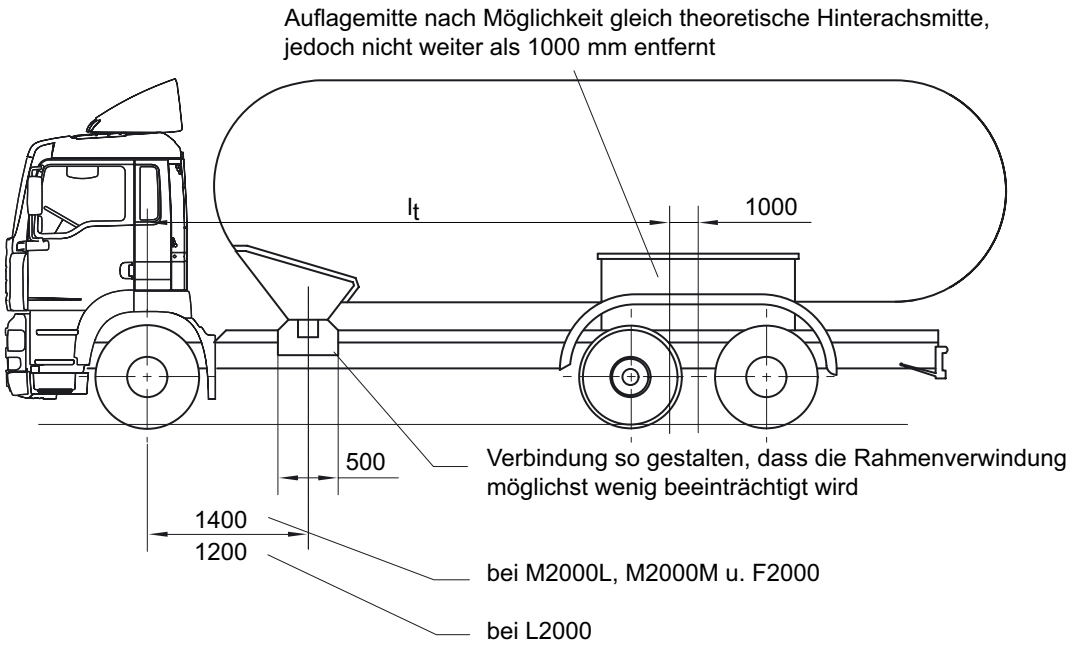


Bild 74: Vorderes Lager als elastische Lagerung ESC-104



Die vordere Lagerungsstelle soll möglichst nahe an die Vorderachsmitte heranreichen (siehe Bild 75).
Im Bereich der theoretischen Hinterachsmitte ist die hintere, querstarre Aufbauabstützung vorzusehen.
An dieser Stelle ist auch auf eine ausreichend dimensionierte, großflächige Rahmenverbindung zu achten.
Der Abstand theoretische Hinterachsmitte bis Mitte Auflage muss < 1000 mm sein (siehe Bild 75).
Theoretische Hinterachsmitte siehe Kapitel ‚Allgemeines'.

Bild 75: Anordnung Tank- und Silolagerung ESC-004



Nach der Aufbaumontage ist unbedingt zu prüfen, ob sich Schwingungen oder andere nachteilige Fahreigenschaften bemerkbar machen. Schwingungen sind beeinflussbar durch richtige Auslegung des Hilfsrahmens oder richtige Anordnung der Tanklagerung.

5.3.3.3 Hilfsrahmenlose Tank- und Behälteraufbauten

Unter Einhaltung der hier beschriebenen Bedingungen sind hilfsrahmenlose Tank- und Behälteraufbauten bei zwei- und dreifacher Tanklagerung je Rahmenseite freigegeben.

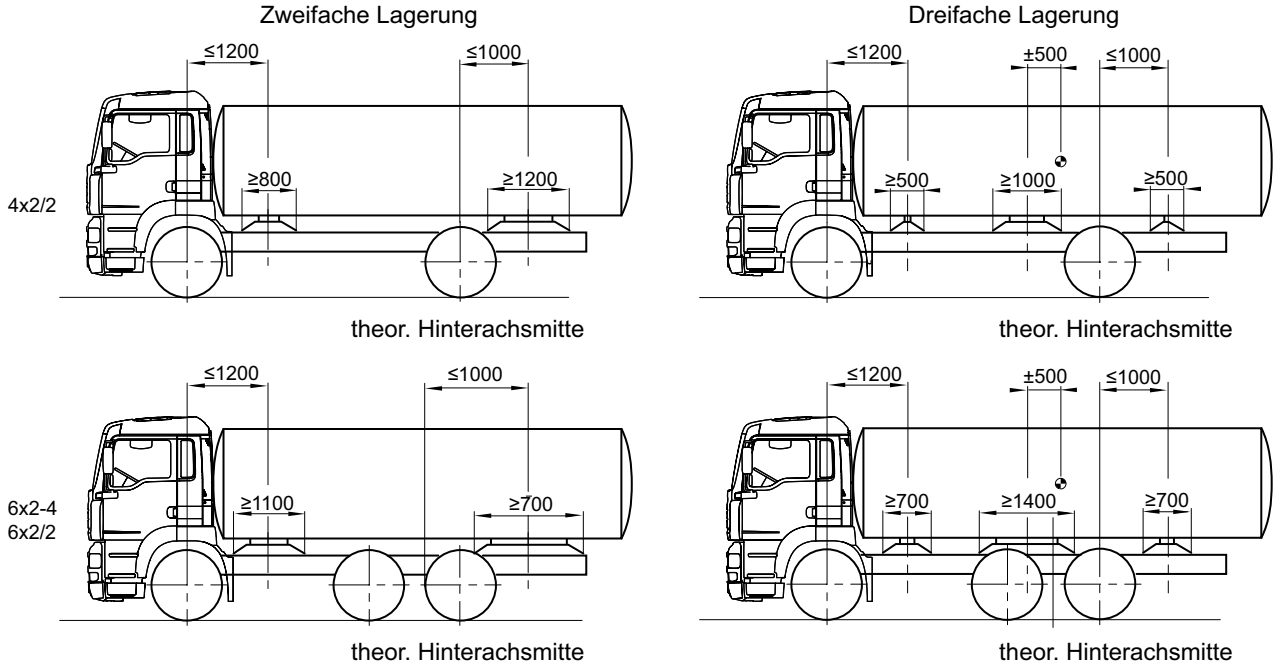
Alle Auflager sind im angegebenen Abstandsbereich anzuordnen. Wird der zulässige Bereich überschritten, dann kann eine unzulässig hohe Rahmendurchbiegung entstehen und es ist ein durchgehender Hilfsrahmen erforderlich (siehe oben).

Tabelle 33: Fahrgestelle ohne Hilfsrahmen bei Tankaufbauten bei zweifacher u. dreifacher Lagerung

Baureihe	Typ*	Radformel	Federung	Radstände [mm]
M2000L	L74	4x2/2	Blatt-Blatt	3.575 … 4.250
	L76		Blatt-Luft	„
	L79		Vollluft	„
	L81		Blatt-Blatt	„
	L84		Blatt-Luft	„
	L86		Vollluft	„
	L87		Blatt-Blatt	„
	L88		Blatt-Luft	„
	L89		Vollluft	„
M2000M	M38	4x2/2	Blatt-Blatt	„
	M39		Blatt-Luft	„
	M40		Vollluft	„
F2000	T31	4x2/2	Blatt-Blatt	3.800 … 4.500
	T32		Blatt-Luft	„
	T33		Vollluft	„
	T36	6x2/2	Blatt-Luft	4.100 … 4.600 … 1.350
	T37	6x2-4	Vollluft	„

* Typzuordnung siehe Kapitel „Allgemeines“

Bild 76: Anforderungen Tanklager bei hilfsrahmenloser Bauweise ESC-311



5.3.4 Kipper

Kipperaufbauten erfordern ein für ihren Einsatzzweck konstruiertes Fahrgestell. MAN hat entsprechende Fahrgestelle im Verkaufsprogramm. Diese sind am „**K**“ in der Typenbezeichnung erkennbar, z.B. 19.364 FL**K**.
Bei Kipperfahrgestellen ab Werk sind keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich, wenn sichergestellt ist, dass folgende Punkte eingehalten werden:

- das zulässige Gesamtgewicht
- die zulässigen Achslasten
- die serienmäßige Kippbrückenlänge
- der serienmäßige Rahmenüberhang
- der serienmäßige Fahrzeugüberhang
- der maximale Kippwinkel von 50° nach hinten oder seitlich.

Werden auf normale Fahrgestelle Kippbrücken aufgebaut, so sind diese Fahrgestelle mit den Bauteilen eines vergleichbaren MAN-Kippers auszurüsten. So sind z.B. Blattfedern von Sattelzugmaschinen nicht für Kipper geeignet.
Ein Stabilisator an der Hinterachse ist dann zwingend notwendig, wenn serienmäßige Kippbrückenlängen vergleichbarer MAN-Kipperfahrgestelle überschritten werden.

Alle Kipperaufbauten benötigen einen durchgehenden Hilfsrahmen aus Stahl mit einer Mindeststreckgrenze von $\sigma_{0,2} \geq 350$ N/mm² (z.B. S355J2G3 = St52-3, technische Daten von Stahlwerkstoffen im Fahrzeugbau siehe Tabelle 31: ‚Streckgrenzen von Hilfsrahmenwerkstoffen‘ in diesem Kapitel).

Bei Fahrzeugen mit Luftfederung ist aus Gründen einer besseren Standsicherheit darauf zu achten, dass sich die Luftfederung beim Kippvorgang im abgesenkten Zustand befindet (5-10 mm über Pufferanschlag). Eine automatische Absenkung die bereits beim Einschalten des Nebenabtriebs wirksam wird, kann ab Werk bestellt werden. Die Regelung über die ECAS-Fernbedienung erlaubt dann nach wie vor das Einstellen der Fahrzeughöhe.

ACHTUNG:
Luftgefederte Fahrgestelle der Baureihe L2000 sind nicht für Kipperaufbauten freigegeben (Typzuordnung siehe Kapitel ‚Allgemeines’).
Die Verbindung von Haupt- und Hilfsrahmen liegt im Verantwortungsbereich des Aufbauherstellers. Kipperpressen und Kipperlager sind im Hilfsrahmen zu integrieren, da der Fahrzeugrahmen nicht für die Aufnahme von Punktlasten geeignet ist.
Während des Kippvorganges entstehende Punktbelastungen im Bereich der Kipperpresse sind bei der Hilfsrahmenauslegung zu berücksichtigen.

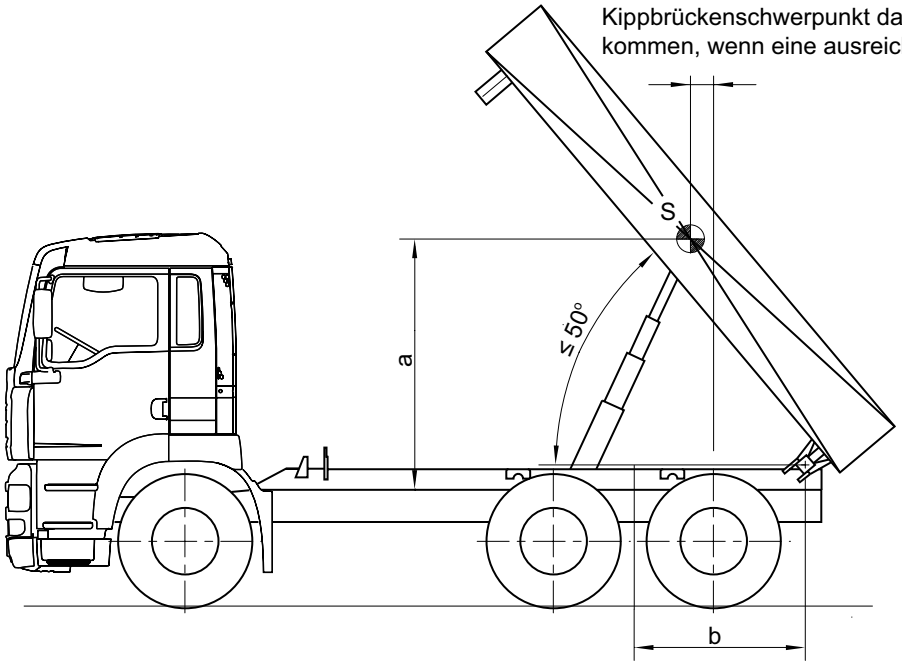
Folgende Eckdaten sind einzuhalten:

- Kippwinkel nach hinten und zur Seite ≤ 50°.
- Schwerpunkt von Kippbrücke mit Nutzlast darf beim Hinterkippen nur dann hinter Mitte letzter Achse kommen, wenn die Standsicherheit des Fahrzeugs gewährleistet ist.
- Hintere Kipplager möglichst nahe an der theoretischen Hinterachsmitte anordnen.
  Die Schwerpunkthöhe der Kippbrücke mit der Nutzlast (Wassermaß) darf beim Kippvorgang das Maß „a“ (siehe Tabelle 34 und Bild 77) nicht überschreiten.
- Die hinteren Kipplager dürfen das Abstandsmaß „b“ (siehe Tabelle 34 und Bild 77) von Kipplagermitte bis theoretischer Hinterachsmitte nicht überschreiten (theoretische Hinterachsmitte siehe Kapitel ‚Allgemeines’).

Tabelle 34: Kipper: Maximalmaße Schwerpunkthöhe u. Kipperabstand

Fahrzeug (Typdefinition siehe „Allgemeines”)	Maß „a“ [mm]	Maß „b“ [mm]
L2000	≤ 1.600	≤ 1.000
Zweiachser M2000L, M2000M, F2000, E2000	≤ 1.800	≤ 1.100
Dreiachser F2000, E2000, 6x2, 6x4, 6x6	≤ 2.000	≤ 1.250
Vierachser F2000, E2000, 8x4, 8x6, 8x8	≤ 2.000	≤ 1.250

Bild 77: Kipper: Maximalmaße Schwerpunkthöhe u. Kipperlagermitte ESC-105


Kippbrückenschwerpunkt darf nur dann hinter Mitte letzter Achse kommen, wenn eine ausreichende Kippsicherheit gegeben ist.
S
a
≤ 50°
b

Aufgrund der genannten Bedingungen ist bei Dreiseiten- und Hinterkippern die Brückenlänge begrenzt.
Zweiseitenkipper können bezüglich der Längenabmessung annähernd wie Ladebrücken ausgelegt werden,
wenn die Standsicherheit gegeben ist.

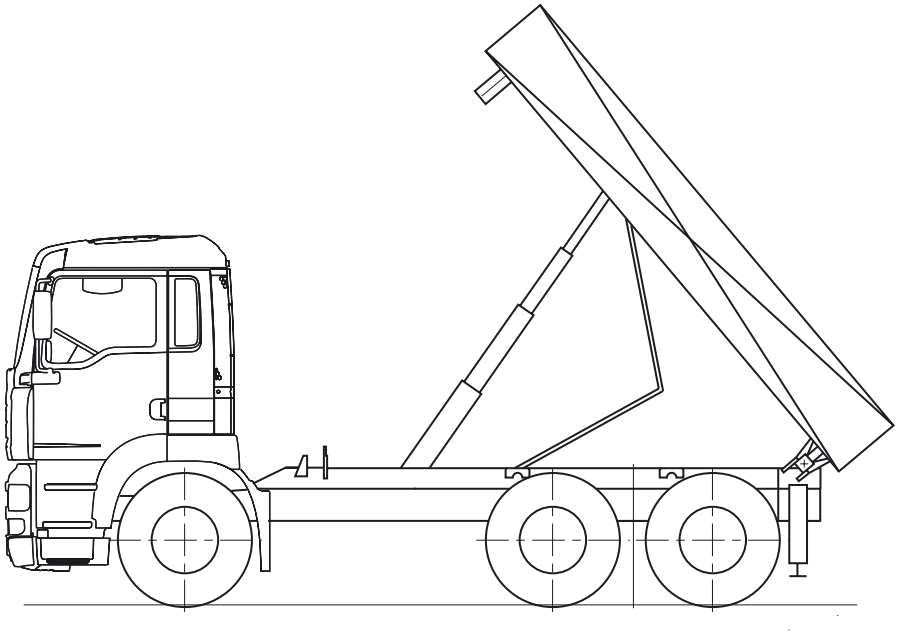
Wenn sie aus Gründen der Betriebssicherheit notwendig sind, behält sich MAN weiterreichende Maßnahmen vor,
z.B. die Verwendung von hydraulischen Abstützungen zur Erhöhung der Standsicherheit oder das Versetzen bestimmter Aggregate.
Es wird jedoch vorausgesetzt, dass der Aufbauhersteller von sich aus die Notwendigkeit solcher Maßnahmen erkennt und durchführt,
da die Maßnahmen wesentlich von der Auslegung seines Produkts abhängen.

Wegen der besseren Stand- und Betriebssicherheit ist bei Hinterkippern zur Stabilisierung der Kippbrücke u.U. eine so genannte „Schere“ nach Bild 78 vorzusehen und/ oder eine Abstützung am Rahmenende notwendig.

Schriften:

Für Kippbrücken §22 und §23 der UVV „Fahrzeuge“ (VBG12).

Bild 78: Hinterkipper mit Schere und Abstützung ESC-106



5.3.5 Absetz-, Gleitabsetz- und Gleitabrollkipper

Da auf diesem Aufbausektor die Hilfsrahmen aus konstruktiven Gründen häufig nicht der Hauptrahmenkontur folgen können, sind spezielle Verbindungsmittel zum Hauptrahmen vorzusehen. Eine ausreichende Dimensionierung und sinnvolle Anbringung dieser Befestigungselemente obliegt dem Aufbauhersteller. Bewährte Befestigungsmittel sowie ihre Ausführung und Anbringung sind aus den herstellerbezogenen Montageanleitungen der Aufbauten ersichtlich. Die serienmäßigen MAN-Brückenwinkel eignen sich nicht zur Montage dieser Aufbauten.

Aufgrund geringer Unterbauhöhen ist der Freigang aller beweglichen Teile an Fahrgestell (z.B. Bremszylinder, Getriebeschaltung, Achsführungsteile usw.) und Aufbau (z.B. Hydraulikzylinder, Leitungen, Kipprahmen usw.) besonders gewissenhaft zu prüfen. Gegebenenfalls sind ein Zwischenrahmen, eine Begrenzung des Federweges, eine Einschränkung der Pendelbewegung an der Doppelachse oder ähnliche Maßnahmen vorzusehen.

Für luftgefederte Fahrzeuge gilt beim Abroll-, Absetz- oder Kippvorgang sinngemäß die gleiche Verfahrensweise wie bei Kipperfahrzeugen (Absenkung auf 5-10 mm über Pufferanschlag, siehe Abschnitt 5.3.4). Bestellmöglichkeit einer automatischen Absenkung beim Einschalten des Nebenabtriebs besteht ab Werk. Die Regelung über die ECAS-Fernbedienung erlaubt dann nach wie vor das Einstellen der Fahrzeughöhe (z.B. um Behälter auf den Anhänger zu schieben).

Abstützungen am Fahrzeugende beim Be- und Entladevorgang werden notwendig, wenn:

- die Hinterachslast das Zweifache der technisch zulässigen Hinterachslast überschreitet.
  Dabei sind auch Reifen- und Felgentragfähigkeit zu berücksichtigen.
- die Vorderachse den Bodenkontakt verliert. Ein Abheben ist aus Sicherheitsgründen keinesfalls zulässig!
- die Standsicherheit des Fahrzeuges nicht gegeben ist. Dies kann aufgrund großer Schwerpunkthöhe, unzulässiger Seitenneigung bei einseitiger Einfederung, einseitigem Einsinken in weichem Untergrund usw., der Fall sein.

Eine Heckabstützung durch Blockierung der Fahrzeugfedern ist nur dann zulässig, wenn bezüglich Einbau und Krafteinleitung eine Genehmigung von MAN, Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“) besteht (einzureichende Unterlagen für Aufbauprüfung siehe Kapitel ‚Allgemeines’, Abschnitte ‚Genehmigung’ und ‚Vorlage der Unterlagen’).

Die erforderlichen Standsicherheitsnachweise sind vom Aufbauhersteller zu führen.

5.3.6 Pritschen- und Kofferaufbauten

Zur gleichmäßigen Lastverteilung ist in der Regel ein Hilfsrahmen erforderlich. Fahrzeuge der Tabelle 32
(siehe Abschnitt ‚Hilfsrahmengestaltung' weiter vorne in diesem Kapitel) benötigen einen durchgehenden Hilfsrahmen.

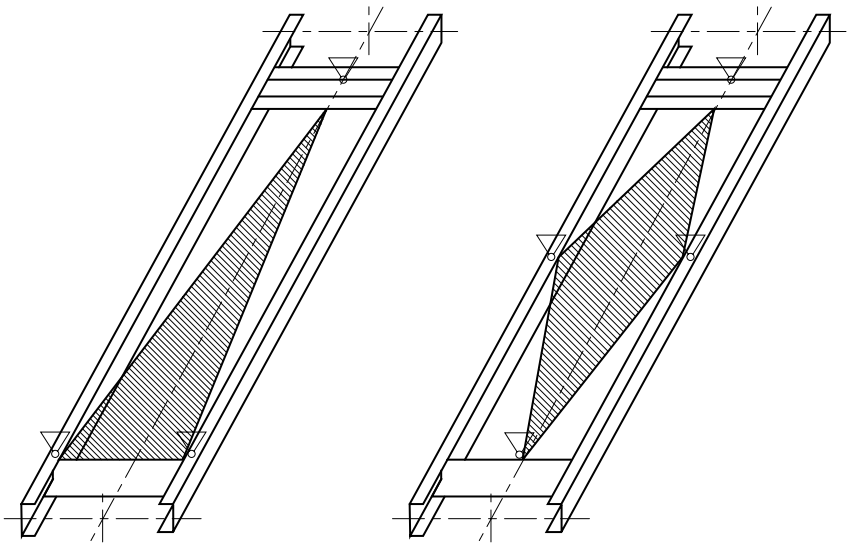
Ausnahmen hiervon sind abhängig von:

- der Auflagerlänge (z.B. Tankaufbau siehe Abschnitt ‚Hilfsrahmenlose Tank- und Behälteraufbauten')
- dem Querschwellerabstand (siehe Abschnitt ‚Selbsttragende Aufbauten ohne Hilfsrahmen').

Punkt- und Hecklasten (z.B. Ladebordwand) dürfen bei Aufbauten ohne Hilfsrahmen nicht auftreten.

Geschlossene Aufbauten wie z.B. Koffer sind gegenüber dem Fahrgestellrahmen torsionsstarr.
Damit die gewünschte Rahmenverwindung (z.B. bei Kurvenfahrt) durch den Aufbau nicht behindert wird, soll die Aufbaubefestigung am vorderen Aufbauende verdrehweich und hinten starr erfolgen. Dieses Prinzip gilt besonders, wenn das Fahrzeug geländegängig sein soll. Wir empfehlen für diesen Fall eine vordere Aufbaubefestigung mit Tellerfedern (Beispiel siehe Bild 63 in diesem Kapitel), eine Dreipunkt- oder eine Rautenlagerung (Lagerungsprinzip siehe Bild 79).

Bild 79: Lagermöglichkeit verwindungssteifer Aufbauten gegenüber verdrehweichem Fahrgestell mit Dreipunkt- und Rautenlagerung ESC-158



5.3.7 Wechselbehälter

5.3.7.1 Wechselbrückentraggestell ab Werk

Im MAN-Fahrzeugprogramm sind vollluftgefederte Fahrzeuge vorhanden, die ab Werk mit einem Traggestell für Wechselbehälter geliefert werden können. Anschlussmaße und Zentriereinrichtungen entsprechen N 284. Container und Wechselbrücken, die den Anforderungen der EN 284 entsprechen, sind ohne weiteres auf o.g. Fahrzeuge aufsetzbar. Die uneingeschränkte Verwendung der serienmäßigen Aufnahmen ist jedoch nicht möglich, wenn andere Aufbauten zur Anwendung kommen.

Versetzte Auflagepunkte oder andere Abmessungen sind nur dann zulässig, wenn dies von MAN, Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“) genehmigt wurde.

Die Mittelauflagen nicht entfernen, sie sind unbedingt zu benutzen! Der Aufbau muss auf deren ganzer Länge aufliegen. Ist dies aus konstruktiven Gründen nicht möglich, dann ist ein ausreichend dimensionierter Hilfsrahmen vorzusehen.

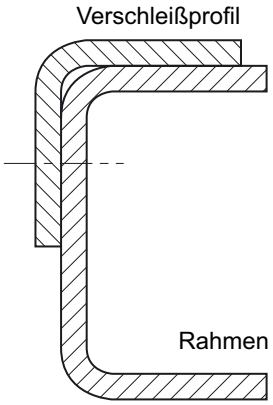
Aufnahmen für Wechselbehälter sind nicht zur Aufnahme von Kräften geeignet, die durch Arbeitsmaschinen und Punktlasten entstehen. So müssen z.B. für den Aufbau von Betonmischern, Kippern, Sattelhilfsrahmen mit Sattelkupplungen usw. andere Befestigungen und Aufnahmen verwendet werden. Die Eignung für diesen Zweck ist durch den Aufbauhersteller nachzuweisen.

5.3.7.2 Andere Wechseleinrichtungen

Wechselbehälter sollen auf ganzer Rahmenlänge auf der Rahmenoberseite aufliegen. Auf einen Hilfsrahmen kann dann verzichtet werden, wenn die Forderungen im Abschnitt ‚Selbsttragende Aufbauten ohne Hilfsrahmen‘ eingehalten werden. Rahmenlängsträger sind jedoch vor Verschleiß zu schützen, der z.B. aufgrund des Wechselvorganges entstehen kann. Die Schutzwirkung ist durch die Montage eines Verschleißprofils erreichbar. Eine Möglichkeit mittels L-Profil ist in Bild 80 dargestellt.

Das Verschleißprofil kann die Funktion eines Hilfsrahmens nur dann übernehmen, wenn die Eignung rechnerisch nachgewiesen wird. Die Verwendung von Werkstoffen mit einer Streckgrenze $\sigma_{0,2} \geq 350$ N/mm² z.B. S235JR (= St37-2) ist als Verschleißprofil möglich, nicht jedoch als Hilfsrahmen.

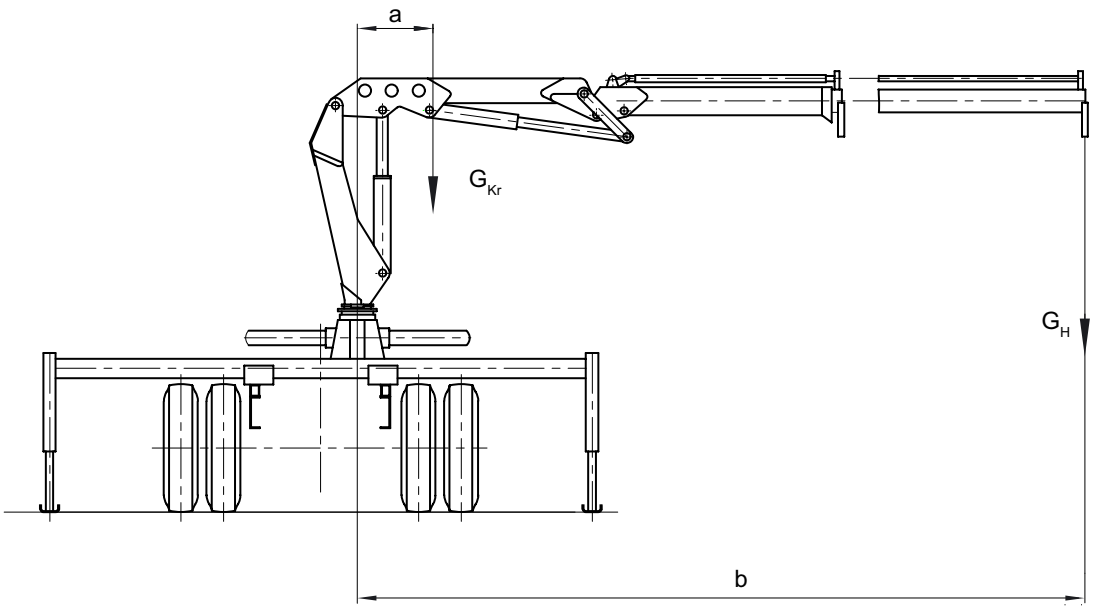
Bild 80: Verschleißprofil bei Wechselbehälter ESC-121



5.3.8 Ladekran

Eigengewicht und Gesamtmoment eines Ladekranes müssen auf das zur Verwendung kommende Fahrgestell abgestimmt sein.
Die Berechnungsgrundlage bildet das maximale Gesamtmoment und nicht das Hubmoment. Das Gesamtmoment resultiert aus dem Eigengewicht und der Hubkraft des Ladekranes bei gestrecktem Kranarm.
Das Gesamtmoment eines Ladekranes M_{Kr} wird berechnet mit:

Bild 81: Momente am Ladekran ESC-040



Formel 23: Gesamtmoment Ladekran

$$M_{Kr} = \frac{g \cdot s \cdot (G_{Kr} \cdot a + G_H \cdot b)}{1000}$$

Es bedeuten:

a	=	Abstand des Kranschwerpunktes von Kransäulenmitte in [m], Kranarm gestreckt und auf maximale Länge ausgefahren
b	=	Abstand der maximalen Hublast von Kransäulenmitte in [m], Kranarm gestreckt und auf maximale Länge ausgefahren
G_H	=	Hublast des Ladekranes in [kg]
G_{Kr}	=	Gewicht des Ladekranes in [kg]
M_{Kr}	=	Gesamtmoment in [kNm]
s	=	Stoßfaktor nach Angabe des Kranherstellers (abhängig von der Kransteuerung), stets ≥ 1
g	=	Erdbeschleunigung 9,81 [m/s²]

Die Anzahl der Abstützungen (zwei- oder vierfach), sowie deren Position und Abstützweite ist durch den Kranhersteller aufgrund der Standsicherheitsberechnung und der Fahrzeugbelastung zu bestimmen. MAN kann aus technischen Gründen eine Vierfach-Abstützung verlangen. Während des Kranbetriebes müssen die Abstützungen immer bodenschlüssig ausgefahren sein.

Sie sind sowohl bei Be- als auch bei Entladung entsprechend nachzusetzen. Ein hydraulischer Ausgleich zwischen den Stützen muss gesperrt sein. Gleichfalls ist ein aus Standsicherheitsgründen evtl. notwendiger Ballast durch den Kranhersteller anzugeben.

Bei luftgefederten Fahrzeugen ist darauf zu achten, dass das Fahrzeug über die Abstützung nicht über das Fahrniveau ausgehoben wird. Vor dem Abstützen muss sich das Fahrzeug im abgesenkten Zustand befinden (5-10 mm über Pufferanschlag).
Eine automatische Absenkung die bereits beim Einschalten des Nebenabtriebs wirksam wird, kann ab Werk bestellt werden.

Für die Standsicherheit ist u.a. die Verdrehsteifigkeit des gesamten Rahmenverbandes verantwortlich. Dabei ist zu beachten, dass eine hohe Torsionssteifigkeit des Rahmenverbandes zwangsläufig den Fahrkomfort und die Geländegängigkeit der Fahrzeuge reduziert. Für eine ausreichende Befestigung von Kran und Hilfsrahmen muss der Aufbauer oder Kranhersteller sorgen. Betriebskräfte einschließlich deren Sicherheitsbeiwerte müssen sicher aufgenommen werden. Ab Werk gelieferte Brückenwinkel sind hierfür nicht geeignet.

Eine unzulässig hohe Belastung der Achse(n) ist zu vermeiden. Die maximal zulässige Achsbelastung darf im Kranbetrieb nicht mehr als das Zweifache der technisch zulässigen Achslast betragen. Stoßfaktoren der Kranhersteller sind zu berücksichtigen (siehe Formel 23 ‚Gesamtmoment eines Ladekrans‘)! Die zulässigen Achslasten dürfen während des Fahrbetriebes nicht überschritten werden.

Eine auftragsbezogene Achslastberechnung ist unbedingt erforderlich. Beispiel einer Achslastberechnung siehe Kapitel 9 ‚Berechnungen’. Je nach Fahrgestell und Sonderausrüstung sind eventuell höhere technisch zulässige Lasten auf Anfrage bei Abteilung ESC möglich (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“) Achslasterhöhung siehe Kapitel ‚Allgemeines’, Abschnitt ‚Heraufsetzen der zulässigen Achslast‘).

Eine asymmetrische Kranmontage ist nicht zulässig wenn daraus ungleichmäßige Radlasten resultieren (zulässige Radlastdifferenz ≤ 4% siehe Kapitel ‚Allgemeines’, Abschnitt ‚Einseitige Beladung‘).
Der Aufbauhersteller muss für entsprechenden Ausgleich sorgen.

Der Schwenkbereich eines Ladekranes ist zu begrenzen, wenn es die zulässigen Achslasten oder die Standsicherheit erfordern. In welcher Art und Weise dies geschieht, hat der jeweilige Ladekranhersteller zu überprüfen (z.B. mit schwenkbereichsabhängiger Hublastbegrenzung).

Bei Montage und Betrieb des Ladekrans ist auf die erforderliche Freigängigkeit aller beweglichen Teile zu achten. Bedienelemente müssen den vorgeschriebenen Mindestfreiraum in jedem Betriebszustand aufweisen. Mitunter ist der notwendige Freiraum durch fachgerechtes Versetzen von Kraftstoffbehälter, Batteriekasten, Luftkessel usw. zu schaffen.

Beim Anbau von Hydraulikbehältern ist ein ausreichendes Gefälle zwischen Behälter und den zu versorgenden Aggregaten zu berücksichtigen bzw. durch geeignete Maßnahmen ein Trockenlauf der Hydraulikaggregate zu verhindern.

Abweichend von anderen Aufbauten muss bei Kranaufbauten zur Erhaltung der Fahrzeuglenkfähigkeit die Mindestbelastung der Vorderachse(n) in jedem Beladungszustand 35% (L2000), 30% (sonstige Zweiachser) bzw. 25% (Drei- und Vierachser) des jeweiligen Fahrzeuggewichts betragen. Genaue Definition siehe Kapitel ‚Allgemeines‘, Abschnitt ‚Mindestvorderachslast‘, Ausnahmen nur nach vorheriger Rücksprache mit MAN, Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“).
Eventuelle Stützlasten an der Anhängerkupplung sind in die erforderliche Achslastberechnung einzubeziehen.

Fahrzeuge mit Nachlaufachsen sind auch auf die Gewichtsverhältnisse bei angehobener Nachlaufachse zu überprüfen (siehe auch Kapitel ‚Allgemeines‘ und Kapitel ‚Berechnungen‘). Eventuell muss die Liftmöglichkeit gesperrt werden (siehe auch Abschnitt ‚Heckladekran‘).

Je nach Krangröße (Gewicht und Schwerpunktlage) und Kranposition (hinter dem Fahrerhaus oder am Heck) sind Fahrzeuge mit verstärkten Federn, verstärkten Stabilisatoren oder verstärkten Stoßdämpfern auszurüsten, sofern die Liefermöglichkeit gegeben ist. Diese Maßnahmen vermindern den Schiefstand des Fahrgestells (z.B. durch geringere Einfederung verstärkter Federn) und verhindern bzw. reduzieren die Wankneigung. Dennoch ist bei Kranaufbauten ein Schiefstand aufgrund der Verlagerung des Fahrzeugschwerpunktes nicht immer zu vermeiden.

Nach der Montage des kompletten Aufbaus sind bei Bedarf nochmalige Einstellarbeiten am Fahrzeug erforderlich.
Dies betrifft besonders die automatisch lastabhängige Bremsanlage (ALB), die Scheinwerfer, sowie den hinteren Unterfahrschutz und die seitliche Schutzvorrichtung.

Eine Genehmigung muss bei MAN, Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“) beantragt werden, wenn das von MAN in Bild 86 bis Bild 88 angegebene zulässige Krangesamtmoment des Ladekranes überschritten wird oder die Zuordnung von Hilfsrahmen zu Ladekran- und Fahrzeuggröße nicht eingehalten werden kann. Die Geraden in Bild 86 bis Bild 88 dürfen nicht verlängert werden.

Da bei Vierfach-Abstützung andere Kräfteverhältnisse vorliegen, ist bei diesen Kranaufbauten grundsätzlich Rückfrage bei MAN, Abt. ESC notwendig (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“). Um die Standsicherheit im Kranbetrieb zu gewährleisten, ist der Hilfsrahmen im Bereich zwischen den beiden Abstützträgern in ausreichender Torsionssteifigkeit zu fertigen.
Das Ausheben des Fahrzeuges mit den Kranabstützungen ist aus Festigkeitsgründen nur dann zulässig, wenn die Hilfsrahmenkonstruktion alle aus der Kranarbeit resultierenden Kräfte aufnimmt und nicht schubfest mit dem Fahrgestellrahmen verbunden ist (z.B. Autokräne).

Der Kranaufbau und seine Funktion sind je nach nationaler Vorschrift vor der ersten Inbetriebnahme durch einen Kransachverständigen der Technischen Überwachungsorganisationen oder einer von der Berufsgenossenschaft ermächtigten Person zu prüfen. Das Prüfergebnis ist im Prüfbuch einzutragen.

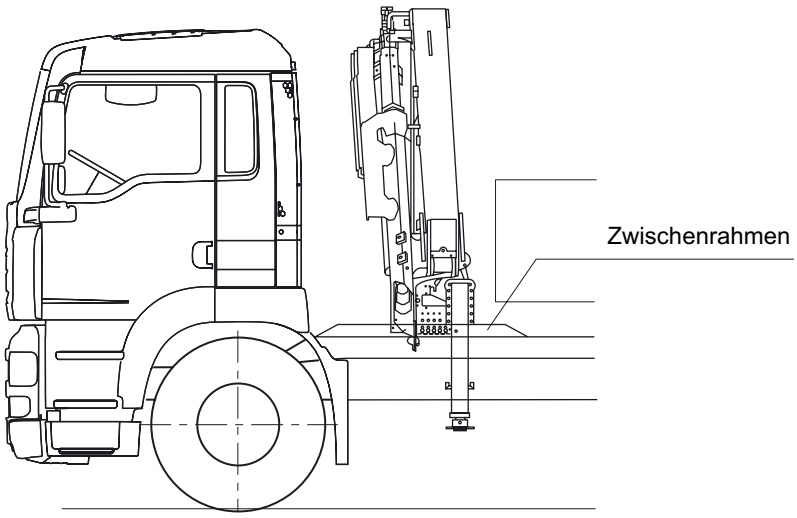
Schriften:

- UVV Kräne (VBG 9).

5.3.8.1 Ladekran hinter dem Fahrerhaus

Wenn das Schaltgestänge oder das Getriebe über die Hilfsrahmenoberkante ragen, dann ist ein zusätzlicher Zwischenrahmen auf dem Hilfsrahmen vorzusehen, um den notwendigen Freiraum zu schaffen (siehe Bild 82). Der Zwischenrahmen kann so gestaltet werden, dass er als Verstärkung des Hilfsrahmens dient.

Bild 82: Freiraum für Ladekran hinter Fahrerhaus ESC-107



Das Fahrerhaus muss kippbar sein und die Verriegelung jederzeit ungehindert bedient werden können.
Im Bereich des Halbmessers, den die äußerste Fahrerhauskontur beim Kippen beschreibt, dürfen keine behindernden Teile sein.
Die Kippradien der Fahrerhäuser sind in den Fahrgestellzeichnungen angegeben. Fahrgestellzeichnungen sind erhältlich über unser Online-System MANTED® (www.manted.de) oder per Telefaxbestellung bei Abteilung ESC (Adresse/ Faxnummer siehe oben unter „Herausgeber“).

Trotz Einhaltung der zulässigen Vorderachslast, muss eine zu große Kopflastigkeit des Fahrzeuges aus Gründen der Fahreigenschaften vermieden werden. Eine Verringerung der Vorderachsbelastung ist z.B. durch das Versetzen von Aggregaten erreichbar. Bei verschiedenen Fahrzeugen kann die zulässige Vorderachslast erhöht werden, wenn bestimmte technische Voraussetzungen, wie z.B. Achsen, Federn, Lenkung, Felgen und Reifen entsprechender Tragfähigkeit gegeben sind.
Erhöhung der zulässigen Vorderachslast und Verfahrensweise siehe Kapitel ‚Allgemeines‘.

5.3.8.2 Heckladekran

Um den notwendigen Platz für den Ladekranaufbau zu schaffen und eine günstigere Vorderachsbelastung zu erreichen, kann ein heckseitig angebrachtes Ersatzrad seitlich am Rahmen platziert werden.

Je nach Krangröße und Achslastverteilung sind stärkere Federn, ein Stabilisator oder andere zur Verfügung stehende Stabilisationshilfen einzubauen. Dies vermindert Schiefstand und Wankneigung des Kranfahrzeuges.

Beim Anheben liftbarer Nachlaufachsen wird das Fahrzeug an der Vorderachse stark entlastet.
Durch den Kran als dynamisch am Rahmenende wirkende Punktlast stellt sich voraussichtlich kein ausreichend stabiler Fahrzustand ein. Die Liftmöglichkeit ist zu sperren, wenn mit dem Kran bei Leerfahrt im gelifteten Zustand über 80% der zulässigen Triebachslast erreicht wird oder die Mindestvorderachslast (30% des tatsächlichen Fahrzeuggewichts) unterschritten wird.
Zu Rangierzwecken kann die Nachlaufachse bei entsprechend ausreichender Dimensionierung von Hilfsrahmen und Aufbau unter Einhaltung der zulässigen Achslasten angehoben werden. Dabei sind die auf Aufbau und Rahmenverband wirkenden erhöhten Biege- und Torsionskräfte zu berücksichtigen. Die Funktion der Anfahrhilfe bleibt erhalten, da hierbei die Nachlaufachse nicht angehoben, sondern lediglich entlastet wird.

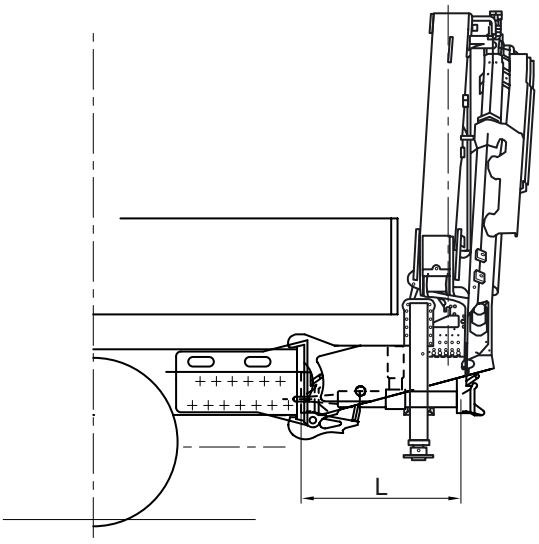
An die Montagekonsolen für absattelbare Heckladekräne ist bei Anhängerbetrieb eine zweite Anhängekupplung anzubauen.
Diese Anhängekupplung ist mit der am Fahrzeug angebauten über eine Zugöse verbunden (siehe Bild 83).
Absattelvorrichtung und Aufbau müssen die bei Anhängerbetrieb entstehenden Kräfte sicher aufnehmen und übertragen können.
Die Hinweise im Abschnitt ‚Verbindungseinrichtungen' des Kapitels ‚Fahrgestelle ändern' sind zu beachten.
Als maximale Anhängelast wird bei aufgesatteltem Ladekran nur die serienmäßige Anhängelast an der Anhängekupplung des Fahrzeugs zugestanden.

Bei Anhängerbetrieb verlängert sich die Gesamtzuglänge entsprechend dem Abstand „L" der beiden Anhängekupplungen voneinander (siehe Bild 83). Soll zusätzlich zum absattelbaren Heckladekran ein Zentralachsanhänger mitgeführt werden, dann muss der Kranhersteller die Eignung hierfür bestätigen. Stützlasten sind zu berücksichtigen (siehe Abschnitt ‚Verbindungseinrichtungen' im Kapitel 4 ‚Fahrgestelle ändern'). Die genannten Werte im Abschnitt ‚Mindestvorderachslast' des Kapitels ‚Allgemeines' dürfen nicht unterschritten werden.

Bei aufgesatteltem Kran und Betrieb ohne Anhänger muss an der Absattelvorrichtung ein Unterfahrschutz vorhanden sein.
Die Festigkeit der Absattelkonsole sowie die fachgerechte Anbringung der Konsolenaufnahme am Fahrzeug liegen im Verantwortungsbereich des Aufbauherstellers.

Am Fahrzeug mitgeführte Stapler sind wie aufsattelbare Ladekräne im Transportzustand zu betrachten.
Der erforderliche Hilfsrahmen und die Durchbiegung können bei mitgeführten Staplern vom Aufbauhersteller über unseren Onlinedienst MANTED® (www.manted.de) bestimmt werden (siehe auch Kapitel 5.3.9 ‚Ladebordwand').

Bild 83: Absattelvorrichtung für Heckladekran ESC-023



Der Nutzlastschwerpunkt ändert sich, je nachdem ob der Kran abgesattelt ist oder nicht. Um die größtmögliche Nutzlast zu erreichen ohne dabei zulässige Achslasten zu überschreiten, empfehlen wir den Nutzlastschwerpunkt mit und ohne Kran am Aufbau deutlich zu kennzeichnen.

Die durch die Absattelvorrichtung vergrößerte Überhanglänge ist zu berücksichtigen. Eine Überschreitung des im Kapitel ‚Allgemeines', Abschnitt ‚Zulässige Überhanglänge' zugestandenen Überhangs ist zulässig, wenn keine anderen technischen oder gesetzlichen Vorschriften dagegen sprechen.

5.3.8.3 Hilfsrahmen für Ladekran

Für Ladekranaufbauten ist in jedem Fall ein Hilfsrahmen vorzusehen, dessen Mindestflächenträgheitsmoment sich nach Bild 86 bis Bild 88 ergibt. Selbst bei Krangesamtmomenten die rein rechnerisch ein benötigtes Flächenträgheitsmoment unter 175 cm^4 ergeben, ist ein Hilfsrahmen mit einem Flächenträgheitsmoment von mindestens 175 cm^4 aufzubauen.

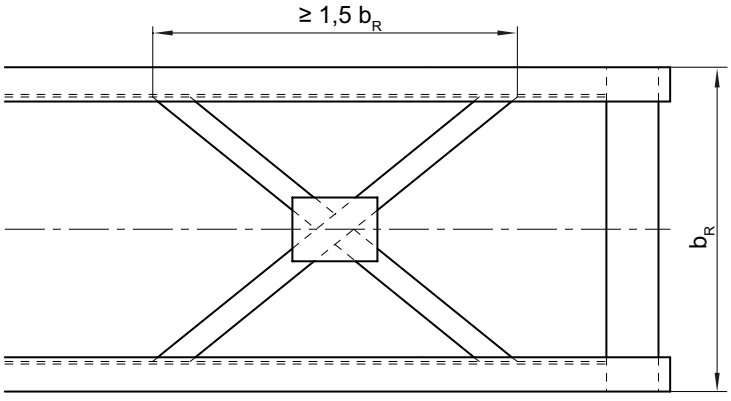
Wir empfehlen zur Schonung des Hilfsrahmens im Kranbereich einen zusätzlichen Obergurt (Verschleißplatte) zu montieren, um das Einarbeiten des Kranfußes in den Hilfsrahmen zu vermeiden. Die Stärke des zusätzlichen Obergurts soll je nach Krangröße 8-10mm betragen.

Ladekräne werden häufig in Verbindung mit anderen Aufbauten montiert, für die ebenfalls ein Hilfsrahmen erforderlich ist (z.B. Kipper, Sattelzugmaschine, Drehschemelaufbau). Es muss dann der je nach Aufbau und seiner Anforderung größere Hilfsrahmen der gesamten Aufbaukonstruktion verwendet werden.

Für einen absattelbaren Ladekran muss der Hilfsrahmen so gestaltet sein, dass die Absattelvorrichtung und der Ladekran sicher aufgenommen werden können. Die Ausführung der Konsolenaufnahme (Bolzenbefestigung etc.) liegt im Verantwortungsbereich des Aufbauherstellers.

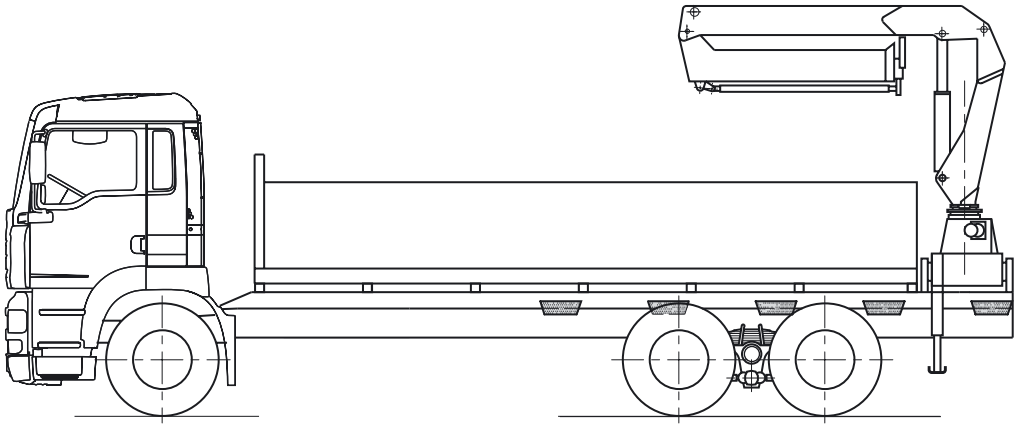
Bei Montage des Ladekrans hinter dem Fahrerhaus ist der Hilfsrahmen mindestens im Kranbereich zum Kasten zu schließen (siehe auch Bild 49: Übergang vom Kasten- zum U-Profil ESC-043). Wird der Ladekran am Heck montiert, muss von Rahmenende bis mindestens vor die vorderste Hinterachsführung ein geschlossenes Profil verwendet werden. Außerdem ist zur Erhöhung der Torsionssteifigkeit im Hilfsrahmen ein Kreuzverband (X-Verband) oder eine gleichwertige Konstruktion vorzusehen (siehe Bild 84). Für die Anerkennung als gleichwertige Konstruktion ist jedoch eine Genehmigung durch MAN, Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber") Voraussetzung.

Bild 84: Kreuzverstrebung im Hilfsrahmen ESC-024



In der Regel reicht die schubweiche Hilfsrahmenbefestigung für den Kraneinsatz nicht aus, so dass eine schubstarre Verbindung mit Schubblechen ausreichender Anzahl und Größe erforderlich wird. Einzelne seitliche Bleche am Rahmen, wie in Bild 85, ergeben nur dann eine schubstarre Verbindung, wenn ein rechnerischer Nachweis dies bestätigt.
Schubweiche und -starre Verbindungen siehe auch entsprechende Abschnitte in diesem Kapitel.

Bild 85: Schubstarre Verbindung bei Kranaufbauten ESC-045



Die Diagramme in Bild 86 bis Bild 88 gelten nur für Kranaufbauten mit zweifacher Abstützung.
Sie sind gleichermaßen für den Aufbau hinter dem Fahrerhaus oder am Rahmenende geeignet.
Sicherheitsbeiwerte sind bereits enthalten, das Krangesamtmoment M_{Kr} ist mit Stoßfaktor nach Angabe des Kranherstellers zu berücksichtigen (siehe auch Formel ‚Gesamtmoment eines Ladekrans' weiter oben in diesem Kapitel).

Muss aufgrund von Aufbauvorgaben (z.B. niedrige Containerfahrzeuge, Abschleppfahrzeuge etc.) von der hier beschriebenen Auslegungsmethode abgewichen werden, ist der gesamte Aufbau mit MAN, Abteilung ESC abzustimmen (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber").

Beispiel für den Umgang mit den Diagrammen in Bild 86 bis Bild 88:

Für ein Fahrzeug F2000 19.xxx FC, Typ T31, Rahmenprofilnummer 23 nach Tabelle 31 im Kapitel ‚Fahrgestelle ändern' soll der Hilfsrahmen bestimmt werden, wenn ein Kran mit einem Gesamtmoment von 160 kNm aufgebaut wird.

Lösung:

Im Bild 88 wird im Diagramm ein Mindestflächenträgheitsmoment von ca. 1440cm^4 ermittelt.

Wird ein U- Profil mit einer Breite von 80 mm und einer Dicke von 8mm mit einem Steg von 8 mm Dicke zum Kasten geschlossen, so ist eine Profilhöhe von 180 mm erforderlich, siehe Diagramm in Bild 90. Werden zwei U-Profile mit B/t = 80/8 zum Kasten geschachtelt, so verringert sich die Mindesthöhe auf ca. 150 mm, siehe Bild 91.

Bei abgelesenen Werten, deren Profilgröße nicht erhältlich ist, ist auf den nächsten erhältlichen Wert aufzurunden; ein Abrunden ist unzulässig.

Der Freigang aller beweglichen Bauteile bleibt in dieser Betrachtung unberücksichtigt und muss deshalb mit den gewählten Abmessungen nochmals geprüft werden.

Ein offenes U-Profil nach Bild 89 darf im Bereich des Krans nicht verwendet werden. Es wird hier lediglich dargestellt, weil die Verwendung des Diagramms auch für andere Aufbauten in Frage kommt.

Bild 86: Krangesamtmoment und Flächenträgheitsmoment bei L2000 ESC-210

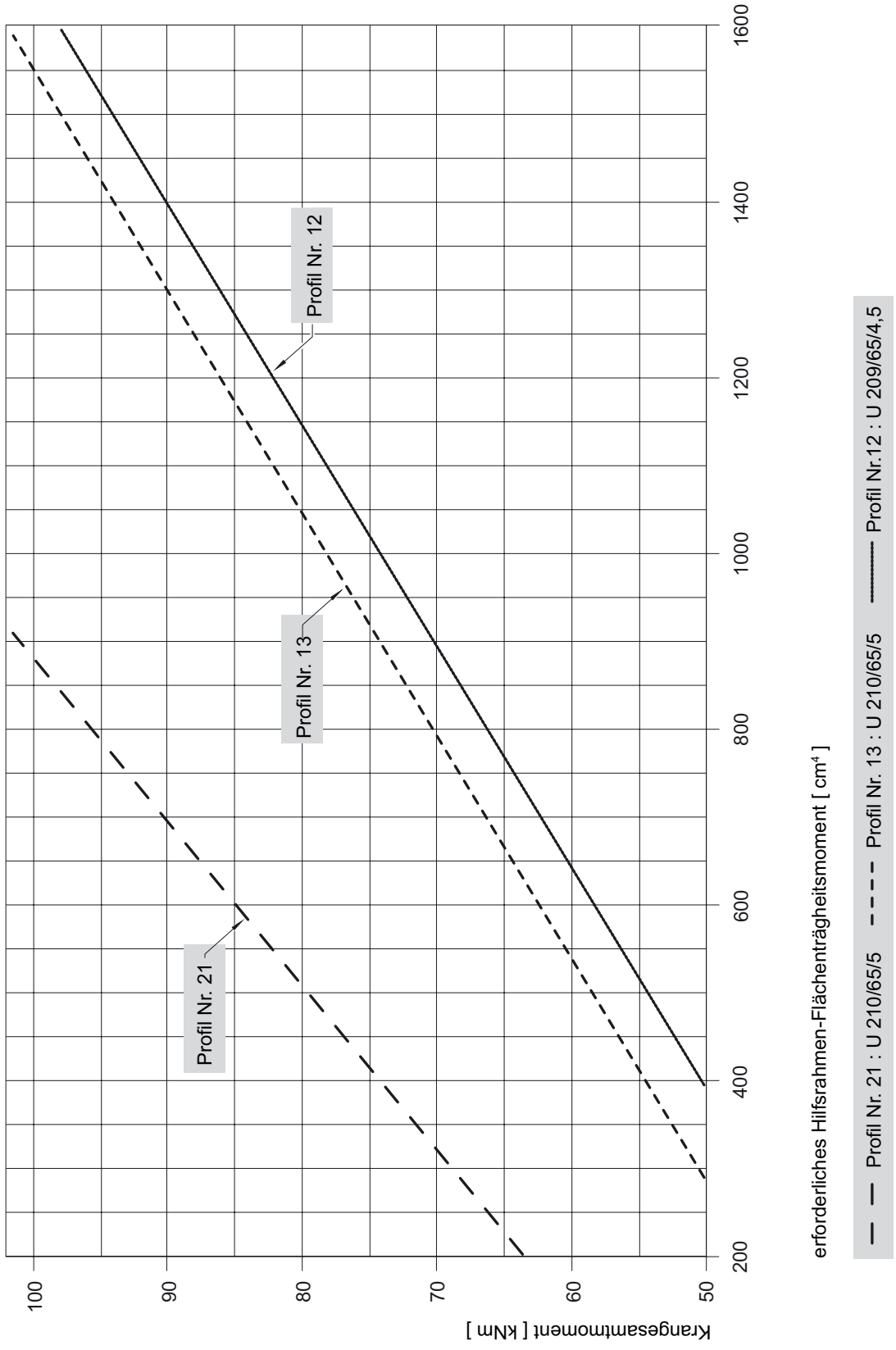


Bild 87: Krangesamtmoment und Flächenträgheitsmoment bei M2000L und M2000M ESC-211

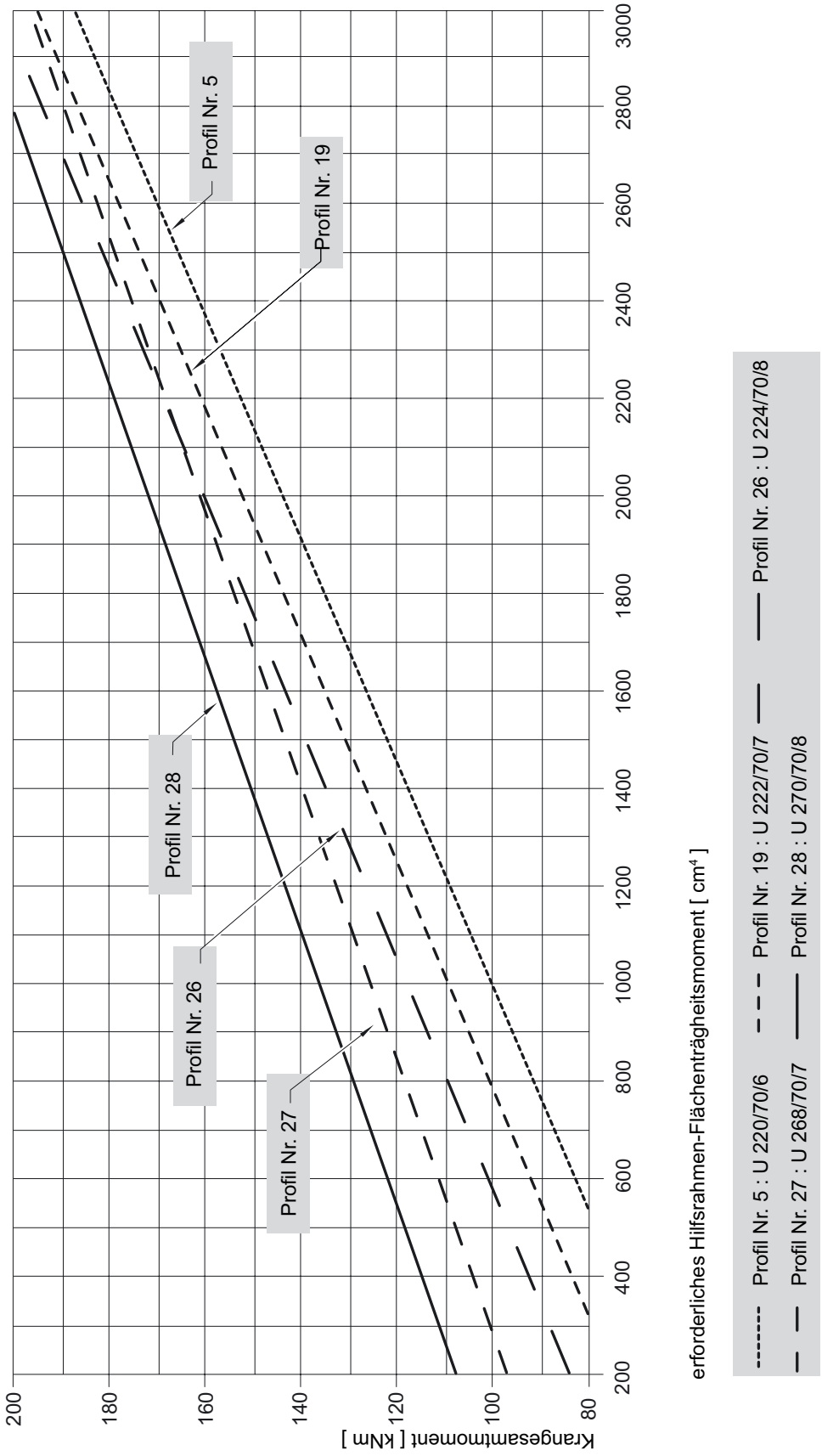


Bild 88: Krangesamtmoment und Flächenträgheitsmoment bei F2000 ESC-212

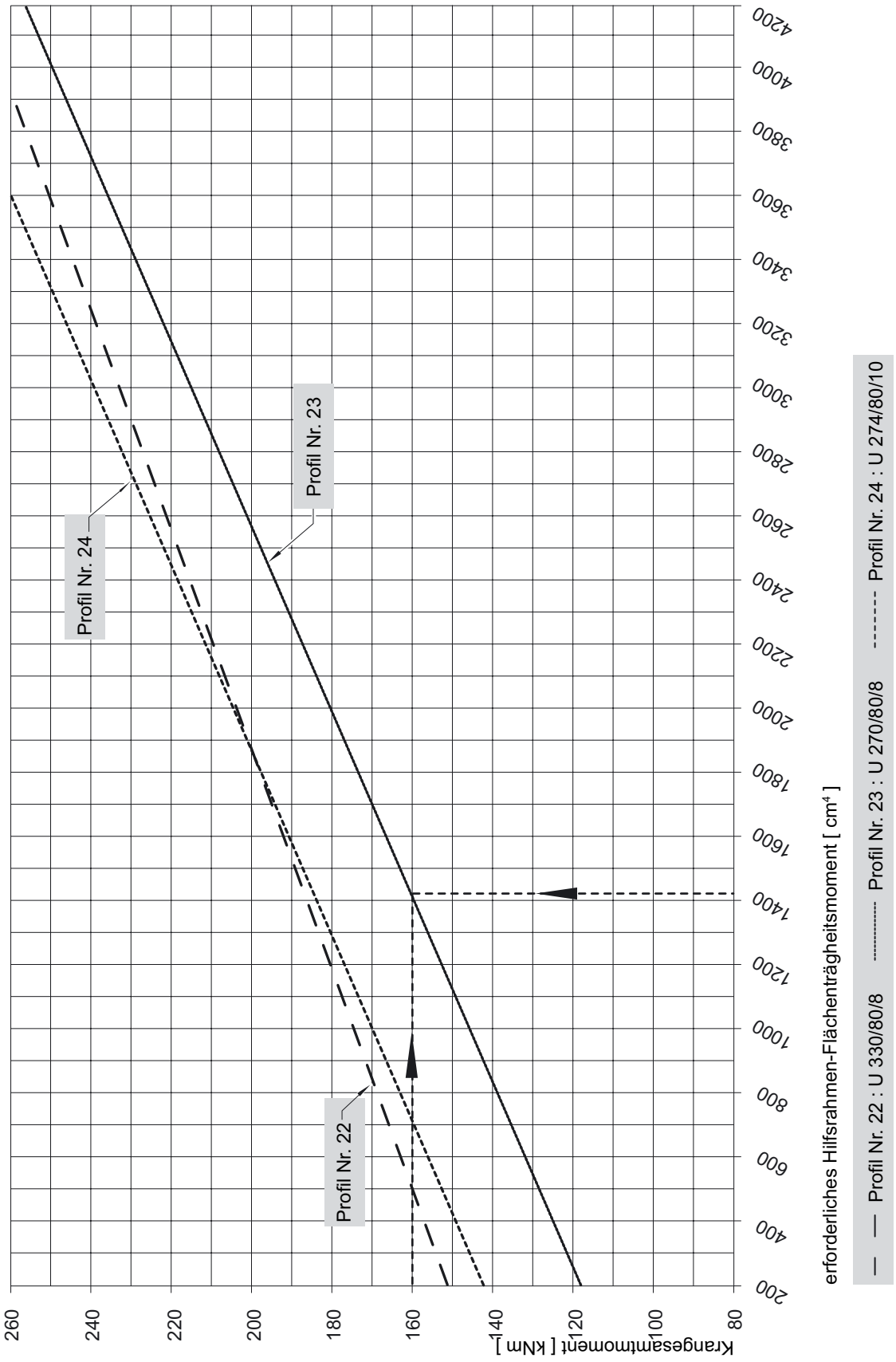


Bild 89: Krangesamtmoment und Flächenträgheitsmoment bei TGA ESC-216_1

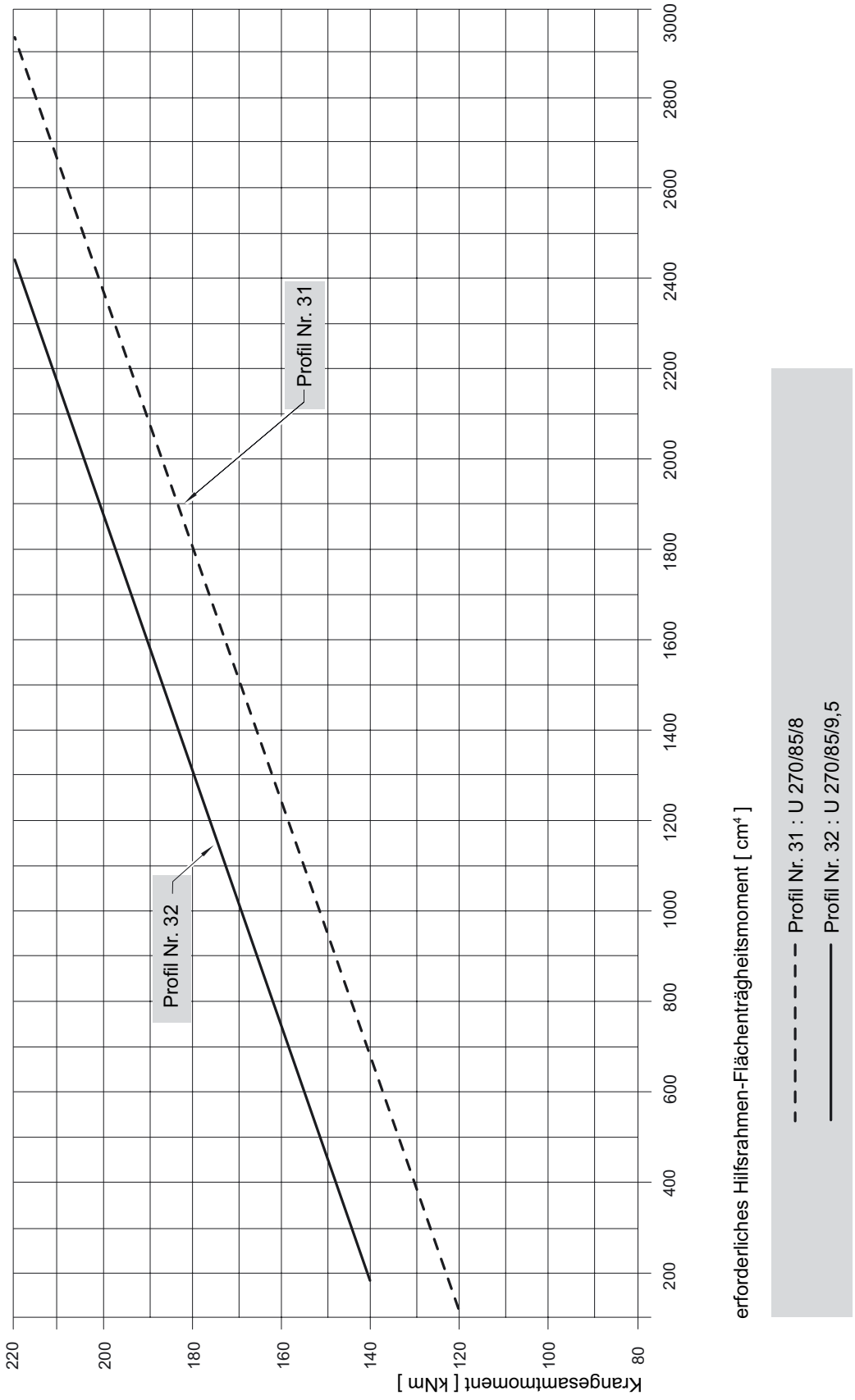


Bild 90: Flächenträgheitsmomente U-Profile ESC-213

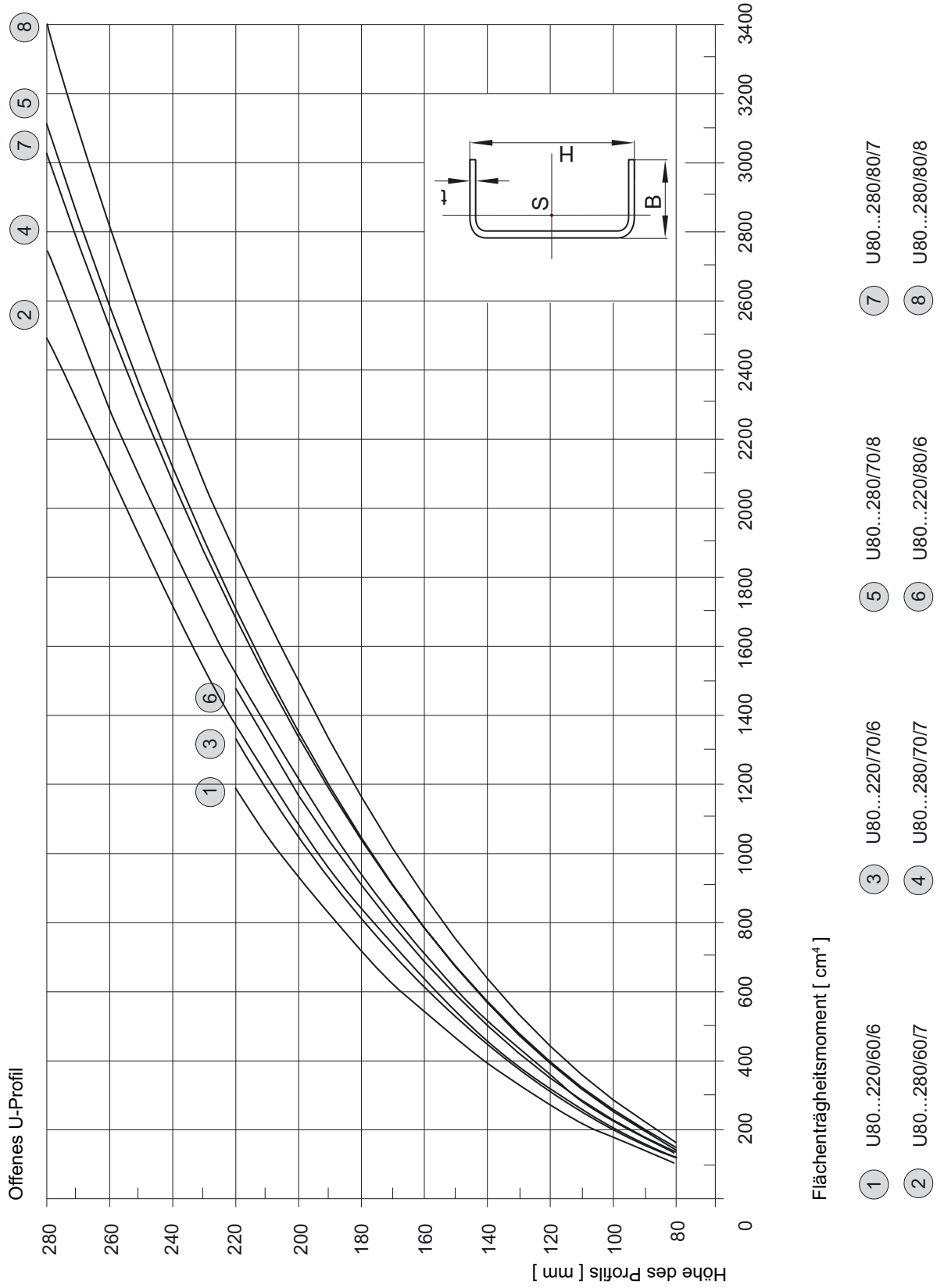


Bild 91: Flächenträgheitsmomente geschlossener U-Profile ESC-214

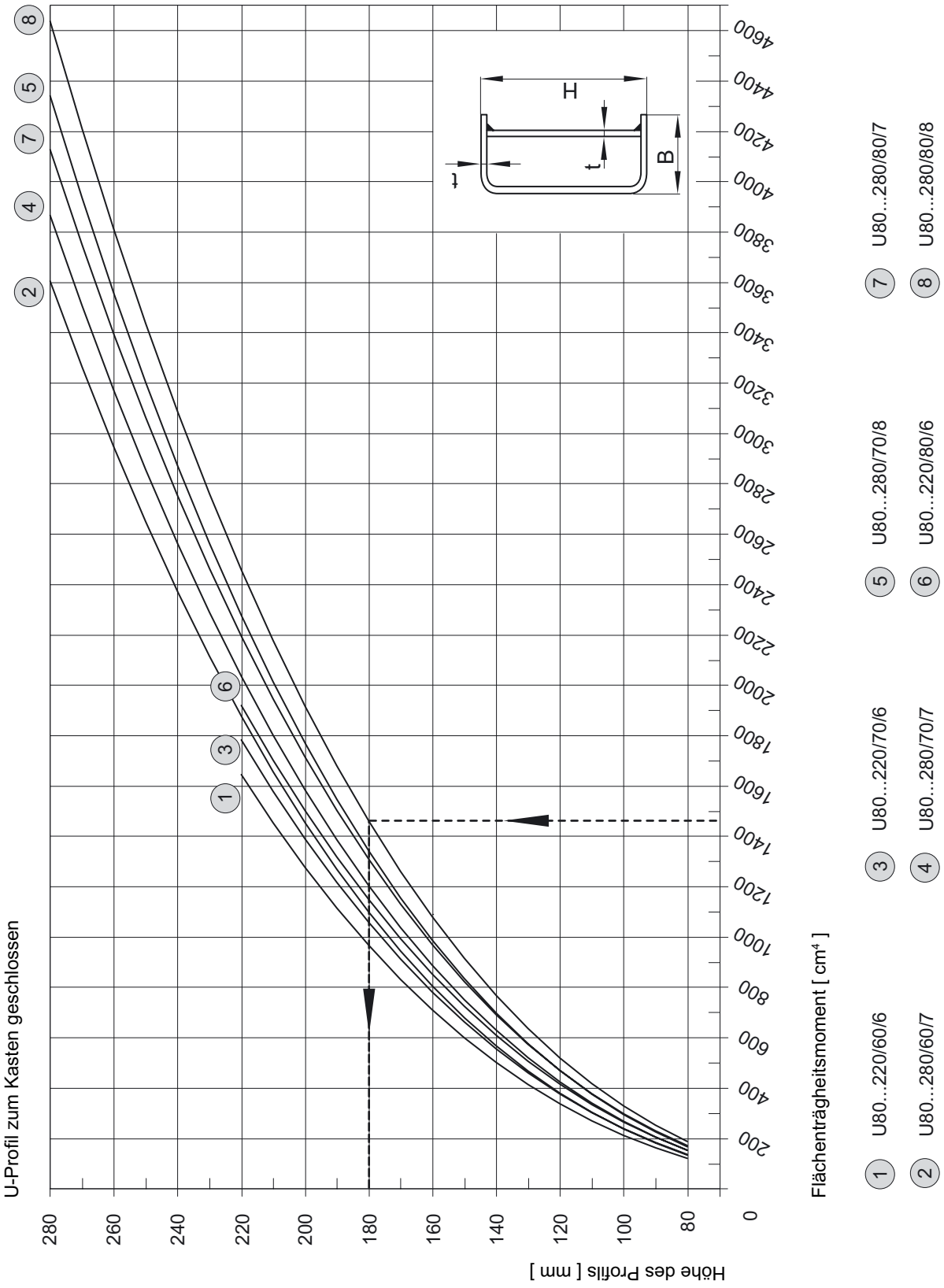
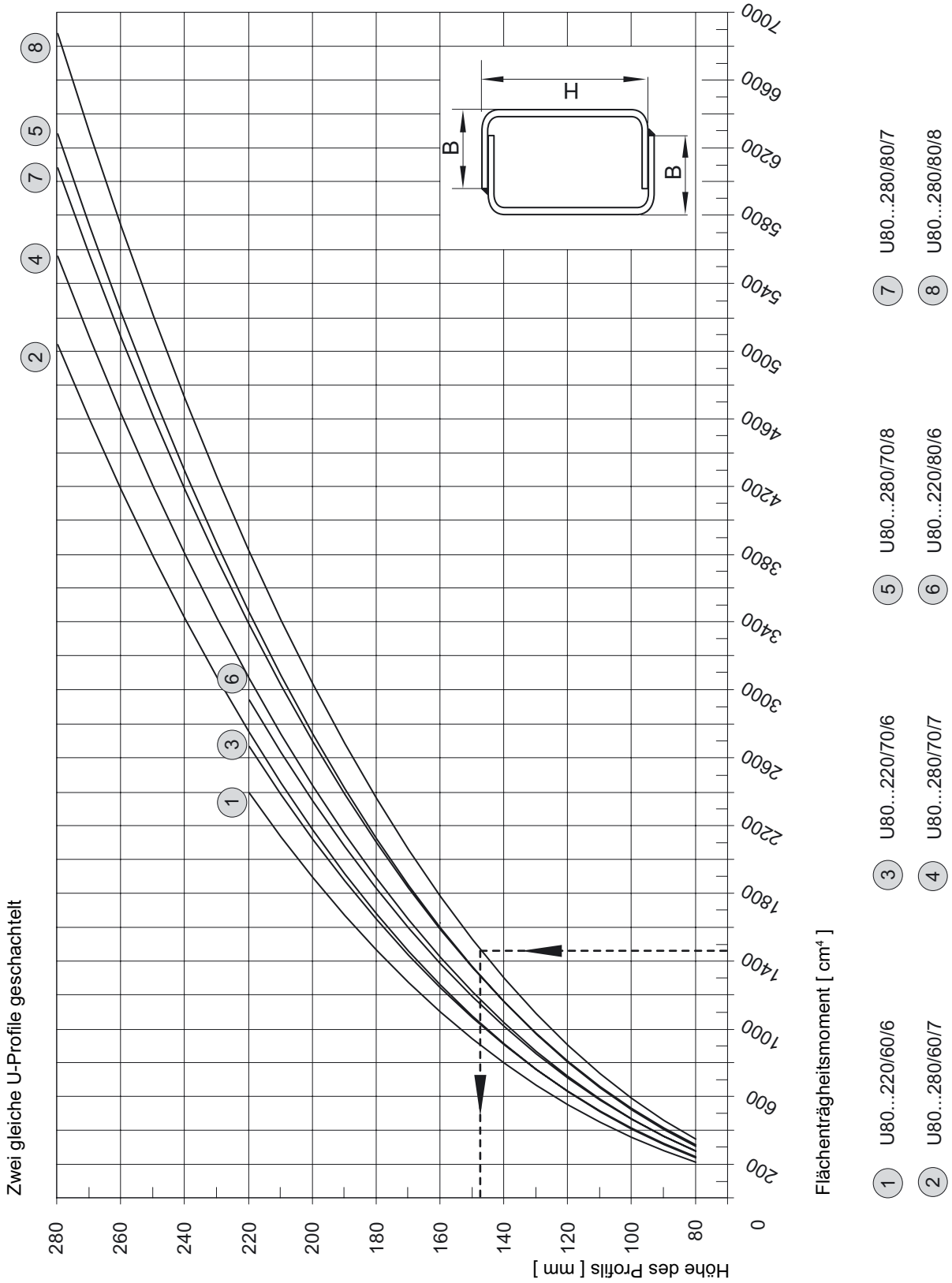


Bild 92: Flächenträgheitsmomente geschachtelter U-Profile ESC-215



5.3.9 Ladebordwand

Voraussetzungen
Vor dem Anbau einer Ladebordwand (auch Hubladebordwand, Hubladebühne, Ladebühne) ist die Verträglichkeit mit der Fahrzeugauslegung, dem Fahrgestell und dem Aufbau zu prüfen.

Die Montage einer Ladebordwand beeinflusst:

- Gewichtsverteilung
- Aufbau- und Gesamtlänge
- Rahmendurchbiegung
- Hilfsrahmendurchbiegung
- Verbindungsart Rahmen/ Hilfsrahmen
- und das elektrische Bordnetz (Batterie, Generator, Verkabelung).

Der Aufbauhersteller muss:

- eine Achslastberechnung erstellen.
- die vorgeschriebene Mindestvorderachslast einhalten (siehe Kapitel ‚Allgemeines' Abschnitt ‚Mindestvorderachslast').
- eine Überlastung der Achsen vermeiden.
- falls notwendig Aufbaulänge und hinteren Überhang kürzen oder den Radstand verlängern.
- die Standsicherheit prüfen.
- den Hilfsrahmen samt Verbindung zum Rahmen auslegen, siehe Abschnitt ‚Hilfsrahmen festlegen'
- Batterien mit vergrößerter Kapazität (140Ah bei L2000, 180 Ah bei M2000 und F2000) und verstärkten Generator vorsehen (mindestens 28 V 55 A, besser oder 28 V 80 A. Bezugsmöglichkeit besteht bereits als Sonderausstattung ab Werk.
- eine elektrische Schnittstelle für Ladebordwand vorsehen (Schaltpläne/ Pinbelegung siehe Abschnitt elektrischer Anschluss). Bei der elektrischen Schnittstelle Ladebordwand besteht ebenfalls Liefermöglichkeit ab Werk.
- die Vorschriften beachten z.B.:
  - EG-Richtlinie-Maschinen (konsolidierte Fassung der Richtlinie 89/392/EWG: 98/37/EG)
  - Unfallverhütungsvorschrift (UVV) Unterfahrschutz nach §32b StVZO bzw. EG-Richtlinie 70/221/EWG /ECE-R 58 anbauen
  - genehmigte Beleuchtungseinrichtungen nach 76/756/EWG anbauen (in Deutschland sind zusätzlich nach §53b Absatz 5 StVZO für Hubladebühnen gelbe Blinkleuchten und retroreflektierende rot-weiße Warnmarkierungen bei Betrieb der Ladebordwand vorgeschrieben).

Hilfsrahmen festlegen

Die Hilfsrahmentabellen gelten unter folgenden Voraussetzungen:

- Einhaltung der Mindestvorderachslast nach Kapitel ‚Allgemeines', Abschnitt 3.18.
- keine konstruktive Überlastung der Hinterachse(n).
- Zusätzlich zur Ladebordwand vorkommende Stützlasten sind bei der Prüfung von Mindestvorderachslast und max. Hinterachslast dem Zugfahrzeug zuzuschlagen.
- Fahrzeuge mit liftbaren Achsen müssen die Liftachse bei Betrieb der Ladebordwand absenken.
- Einhaltung der angegeben Überhanggrenzen hinsichtlich des max. Fahrzeugüberhangs.

Die Tabellenwerte stellen die Eckwerte dar, für die aus Festigkeits-/ Durchbiegungsgründen keine Abstützungen erforderlich sind. Sie sind erforderlich, wenn:

- die in den Tabellen angegeben Grenzen der Ladebordwandtragkraft überschritten werden
- die Standsicherheit Abstützungen erforderlich macht

Werden Abstützungen - obwohl nicht erforderlich - angebaut, hat dies keinen Einfluss auf die Größe des verlangten Hilfsrahmens. Das Anheben des Fahrzeuges mit den Abstützungen ist nicht zulässig, weil daraus Rahmenschäden entstehen.

Fahrzeuge mit Ladebrücke ab Werk (Fabrikat Walther) sind mit einem Hilfsrahmen U 120/60/6 aus QStE 380 ($\sigma_{0,2} \geq 380$ N/mm^2) ausgerüstet, wobei die Verbindung zum Fahrgestell schubweich mit MAN-Befestigungswinkeln ausgeführt ist.
Falls nach den Tabellen erforderlich, ist beim Anbau einer Ladebordwand die teilweise schubstarre Verbindung nachträglich herzustellen. Die Tabellen sind nach Baureihe, Tonnageklasse, Variantenbeschreibung, Federungsart und Radstand aufsteigend sortiert, wobei die Variantenbeschreibungen (z.B. LE 8.xxx LC 4x2 BB) als Orientierungshilfe zu sehen sind , verbindlich sind die 3-stelligen Typnummern auch Typschlüsselnummern genannt (Erklärung siehe Kapitel ‚Allgemeines'), die sich in der Grundfahrzeugnummer an 2.-4. Stelle und in der Fahrzeugidentifizierungsnummer an 4. - 6. Stelle wieder finden.
Sämtliche sonstige technische Unterlagen, z.B. Fahrgestellzeichnungen, Aufbaurichtlinien beziehen sich auf die Typnummer.
Beim Überhang ist - immer bezogen auf Radmitte letzter Achse - sowohl der Rahmenüberhang des serienmäßigen Fahrgestells als auch der gesamte maximale Fahrzeugüberhang angegeben (einschließlich Aufbau und Ladebordwand, siehe Bild 93 unten) der nach Montage der Ladebordwand nicht überschritten werden darf. Reicht der vorgegebene maximale Fahrzeugüberhang nicht aus, gelten die Hilfsrahmendaten der Folgezeilen bei dem die ≤-Bedingung erfüllt ist (außer Beginn der schubstarren Verbindung, die sich nur auf den Radstand bezieht). Die Hilfsrahmen in den Tabellen sind Beispiele, so ist z.B. U120/60/6 ein zur Innenseite offenes U-Profil der Außenhöhe 120 mm, oben und unten 60 mm breit und im ganzen Querschnitt 6 mm dick. Andere Stahlprofile sind zulässig, wenn sie mindestens gleiche Werte hinsichtlich Flächenträgheitsmoments I_x, Widerstandsmomente W_{x1}, W_{x2} und Streckgrenze $\sigma_{0,2}$ haben.

Tabelle 35: Tabelle technische Daten Hilfsrahmenprofile

Profil	Höhe	Breite o/u	Dicke	I_x	W_{x1}, W_{x2}	$\sigma_{0,2}$	σ_B	Masse
U100/50/5	100 mm	50 mm	5 mm	136 cm^4	27 cm^3	355 N/mm^2	520 N/mm^2	7,2 kg/m
U100/60/6	100 mm	60 mm	6 mm	182 cm^4	36 cm^3	355 N/mm^2	520 N/mm^2	9,4 kg/m
U120/60/6	120 mm	60 mm	6 mm	281 cm^4	47 cm^3	355 N/mm^2	520 N/mm^2	10,4 kg/m
U140/60/6	140 mm	60 mm	6 mm	406 cm^4	58 cm^3	355 N/mm^2	520 N/mm^2	11,3 kg/m
U160/60/6	160 mm	60 mm	6 mm	561 cm^4	70 cm^3	355 N/mm^2	520 N/mm^2	12,3 kg/m
U160/70/7	160 mm	70 mm	7 mm	716 cm^4	90 cm^3	355 N/mm^2	520 N/mm^2	15,3 kg/m
U180/70/7	180 mm	70 mm	7 mm	951 cm^4	106 cm^3	355 N/mm^2	520 N/mm^2	16,3 kg/m

Falls ausreichend ist der schubweiche Aufbau des Hilfsrahmens mit dem Kennzeichen **w** angegeben, beim teilweise schubstarren Aufbau (Kennzeichen **s**) sind die Anzahl der Schraubverbindungen, die Schweißnahtlänge - jeweils pro Rahmenseite - und der Beginn der schubstarren Verbindung von Mitte 1. Achse angegeben (siehe Bild 93). Hinsichtlich der schubstarren bzw. teilweise schubstarren Verbindung gelten die Bedingungen des Kapitels 5 ‚Aufbauten'.

Bild 93: Ladebordwandanbau: Überhangmaße, Maße bei teilweise schubstarrer Verbindung ESC-633

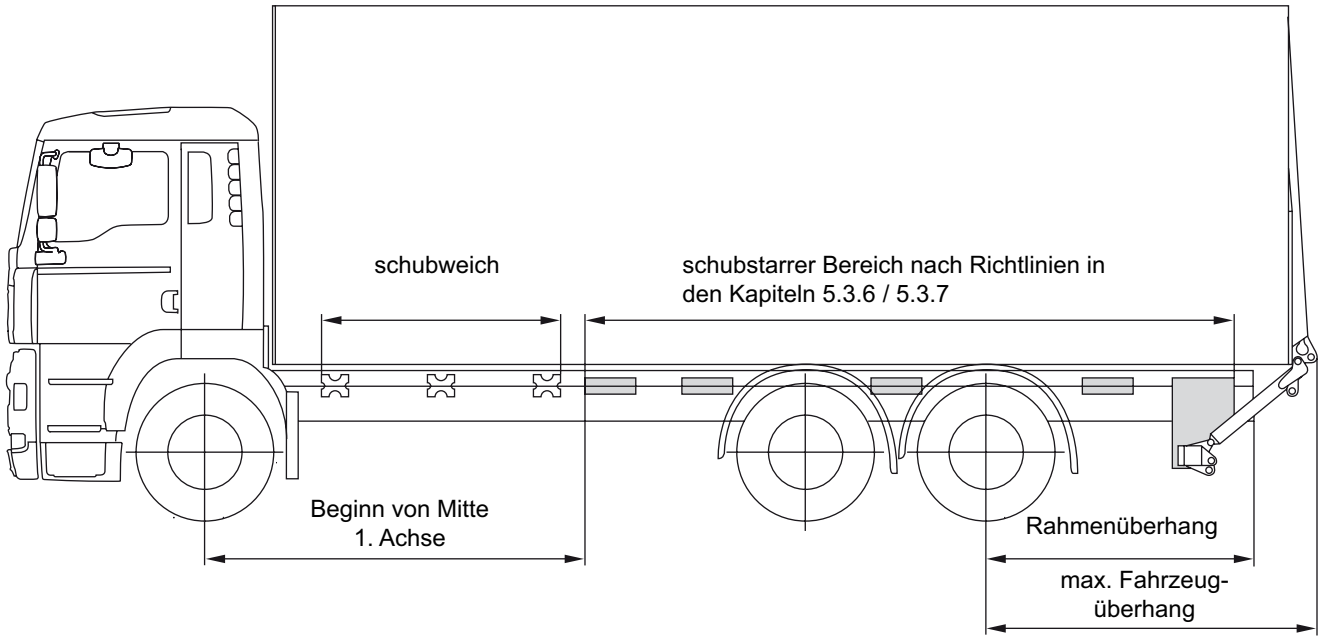


Tabelle 36: Hilfsrahmen und Montageart

L2000 LE 8.xxx LE 9.xxx Verbindungsart: **w** = schub**w**eich **s** = schub**s**tarr

L20 L21	**LE 8.xxx 4x2 BB LE 9.xxx 4x2 BB (Blatt-Blatt)**							
Rad-stand	Serien-Rahmen-überhang	max. Fahrzeug-überhang	LBW Nutzlast	Min. Hilfsrahmen	Verbind-ungsart	je Rahmenseite ≥		Beginn von Mitte 1. Achse ≤
						Schrauben Bohr.Ø12+0,2	Schweiß-nahtlänge	
3.000	1.090	≤ 1.800	≤ 20,0	U 100/50/5	w			
3.350	1.420	≤ 2.000	≤ 15,0	U 100/50/5	w			
			20,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	34	950	1.950
3.650	1.820	≤ 2.150	≤ 15,0	U 100/50/5	w			
			20,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	26	750	2.100
3.950	1.820	≤ 2.350	≤ 10,0	U 100/50/5	w			
			15,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	24	650	2.300
			20,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	30	850	2.300
4.250	2.075	≤ 2.550	≤ 10,0	U 100/50/5	w			
			15,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	24	650	2.450
			20,0	U 100/50/5	s	28	800	2.450
4.600	2.550	≤ 2.750	≤ 7,5	U 100/50/5	w			
			10,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	18	450	2.650
			15,0	U 160/70/7	w			
				U 100/50/5	s	22	600	2.650
			20,0	U 100/50/5	s	28	750	2.650
4.900	2.550	≤ 2.900	≤ 7,5	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	16	450	2.850
			10,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	18	500	2.850
			15,0	U 100/50/5	s	24	650	2.850
			20,0	U 120/60/6	s	30	800	2.850
5.300	2.925	≤ 3.150	≤ 7,5	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	16	450	3.000
			10,0	U 100/50/5	s	18	500	3.000
			15,0	U 100/50/5	s	24	650	3.000
			20,0	U 120/60/6	s	30	700	3.000

Maße in mm, Lasten in kN

L33 L34 LE 8.xxx 4x2 BL / LE 9.xxx 4x2 BL (Blatt-Luft)

Rad-stand	Serien-Rahmen-überhang	max. Fahrzeug-überhang	LBW Nutzlast	Min. Hilfsrahmen	Verbind-ungsart	je Rahmenseite ≥		Beginn von Mitte 1. Achse ≤
						Schrauben Bohr.Ø12+0,2	Schweiß-nahtlänge	
3.000	1.090	≤ 1.800	≤ 15,0	U 100/50/5	w			
			20,0	U 140/60/6	w			
				U 100/50/5	s	28	800	1.750
3.350	1.420	≤ 2.000	≤ 10,0	U 100/50/5	w			
			15,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	22	600	1.950
			20,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	26	700	1.950
3.650	1.820	≤ 2.150	≤ 10,0	U 100/50/5	w			
			15,0	U 140/60/6	w			
				U 100/50/5	s	20	550	2.100
			20,0	U 160/70/7	w			
				U 100/50/5	s	24	650	2.100
3.950	1.820	≤ 2.350	≤ 7,5	U 100/50/5	w			
			10,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	16	450	2.300
			15,0	U 160/70/7	w			
				U 100/50/5	s	22	600	2.300
			20,0	U 120/60/6	s	26	600	2.300
4.250	2.075	≤ 2.550	≤ 7,5	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	14	400	2.450
			10,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	18	450	2.450
			15,0	U 100/50/5	s	22	600	2.450
			20,0	U 120/60/6	s	28	600	2.450
4.600	2.550	≤ 2.750	≤ 7,5	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	14	400	2.650
			10,0	U 100/50/5	s	18	450	2.650
			15,0	U 100/50/5	s	22	600	2.650
			20,0	U 140/60/6	s	26	600	2.650
4.900	2.450	≤ 2.900	≤ 7,5	U 160/70/7	w			
				U 100/50/5	s	16	450	2.850
			10,0	U 100/50/5	s	18	500	2.850
			15,0	U 100/50/5	s	24	650	2.850
			20,0	U 140/60/6	s	28	650	2.850
5.300	2.925	≤ 3.150	≤ 7,5	U 100/50/5	s	16	450	3.000
			10,0	U 100/50/5	s	18	500	3.000
			15,0	U 120/60/6	s	24	550	3.000
			20,0	U 160/60/6	s	28	600	3.000

Maße in mm, Lasten in kN

L2000 LE 10.xxx

Verbindungsart: **w** = schub**w**eich **s** = schub**s**tarr

L24 L25 LE 10.xxx 4x2 BB (Blatt-Blatt)								
Rad-stand	Serien-Rahmen-überhang	max. Fahrzeug-überhang	LBW Nutzlast	Min. Hilfsrahmen	Verbind-ungsart	je Rahmenseite ≥		Beginn von Mitte 1. Achse ≤
						Schrauben Bohr.Ø 12+0,2	Schweiß-nahtlänge	
3.000	1.090	≤ 1.650	≤ 20,0	U 100/50/5	w			
3.350	1.420	≤ 1.900	≤ 20,0	U 100/50/5	w			
3.650	1.820	≤ 2.150	≤ 15,0	U 100/50/5	w			
			20,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	26	750	2.100
3.950	1.820	≤ 2.350	≤ 10,0	U 100/50/5	w			
			15,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	24	700	2.300
			20,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	30	850	2.300
4.250	2.075	≤ 2.550	≤ 10,0	U 100/50/5	w			
			15,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	24	650	2.450
			20,0	U 100/50/5	s	30	850	2.450
4.600	2.550	≤ 2.750	≤ 7,5	U 100/50/5	w			
			10,0	U 140/60/6	w			
				U 100/50/5	s	18	500	2.650
			15,0	U 160/70/7	w			
				U 100/50/5	s	22	600	2.650
			20,0	U 120/60/6	s	28	650	2.650
4.900	2.550	≤ 2.900	≤ 7,5	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	16	450	2.850
			10,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	20	550	2.850
			15,0	U 100/50/5	s	26	750	2.850
			20,0	U 120/60/6	s	32	700	2.850
5.300	2.925	≤ 3.150	≤ 7,5	U 160/70/7	w			
				U 100/50/5	s	16	450	3.000
			10,0	U 100/50/5	s	20	550	3.000
			15,0	U 100/50/5	s	26	700	3.000
			20,0	U 140/60/6	s	30	700	3.000

Maße in mm, Lasten in kN

L2000 LE 10.xxx

Verbindungsart: **w** = schub**w**eich **s** = schub**s**tarr

L35 L36 LE 10.xxx 4x2 BL (Blatt-Luft)								
Rad-stand	Serien-Rahmen-überhang	max. Fahrzeug-überhang	LBW Nutzlast	Min. Hilfsrahmen	Verbind-ungsart	je Rahmenseite ≥		Beginn von Mitte 1. Achse ≤
						Schrauben Bohr.Ø 12+0,2	Schweiß-nahtlänge	
3.000	1.090	≤ 1.650	≤ 15,0	U 100/50/5	w			
			20,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	28	750	1.750
3.350	1.420	≤ 1.900	≤ 10,0	U 100/50/5	w			
			15,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	22	550	1.950
			20,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	26	700	1.950
3.650	1.820	≤ 2.150	≤ 10,0	U 100/50/5	w			
			15,0	U 140/60/6	w			
				U 100/50/5	s	20	550	2.100
			20,0	U 160/70/7	w			
				U 100/50/5	s	24	650	2.100
3.950	1.820	≤ 2.350	≤ 7,5	U 100/50/5	w			
			10,0	U 140/60/6	w			
				U 100/50/5	s	18	500	2.300
			15,0	U 160/70/7	w			
				U 100/50/5	s	22	600	2.300
			20,0	U 120/60/6	s	28	600	2.300
4.250	2.075	≤ 2.550	≤ 7,5	U 140/60/6	w			
				U 100/50/5	s	16	450	2.450
			10,0	U 160/70/	w			
				U 100/50/5	s	18	500	2.450
			15,0	U 100/50/5	s	22	650	2.450
			20,0	U 120/60/6	s	28	650	2.450
4.600	2.550	≤ 2.750	≤ 7,5	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	16	400	2.650
			10,0	U 100/50/5	s	18	500	2.650
			15,0	U 100/50/5	s	22	600	2.650
			20,0	U 140/60/6	s	28	600	2.650
4.900	2.450	≤ 2.900	≤ 7,5	U 100/50/5	s	16	450	2.850
			10,0	U 100/50/5	s	20	550	2.850
			15,0	U 120/60/6	s	26	550	2.850
			20,0	U 140/60/6	s	30	650	2.850
5.300	2.925	≤ 3.150	≤ 7,5	U 100/50/5	s	18	450	3.000
			10,0	U 100/50/5	s	20	550	3.000
			15,0	U 120/60/6	s	26	550	3.000
			20,0	U 160/60/6	s	28	650	3.000

Maße in mm, Lasten in kN

M2000L LE 12.xxx

Verbindungsart: **w** = schub**w**eich **s** = schub**s**tarr

L70 L71 LE 12.xxx 4x2 BB (Blatt - Blatt)								
Rad-stand	Serien-Rahmen-überhang	max. Fahrzeug-überhang	LBW Nutzlast	Min. Hilfsrahmen	Verbind-ungsart	je Rahmenseite ≥		Beginn von Mitte 1. Achse ≤
						Schrauben Bohr.Ø 14+0,2	Schweiß-nahtlänge	
3.275	1.850	≤ 1.900	≤ 30,0	U 100/50/5	w			
3.675	2.150	≤ 2.200	≤ 20,0	U 100/50/5	w			
			30,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	22	850	2.100
4.025	2.1100	≤ 2.400	≤ 20,0	U 100/50/5	w			
			30,0	U 160/70/7	w			
				U 100/50/5	s	26	950	2.300
4.575	2.100	≤ 2.700	≤ 10,0	U 100/50/5	w			
			15,0	U 140/60/6	w			
				U 100/50/5	s	20	700	2.650
			20,0	U 100/50/5	s	24	850	2.650
			30,0	U 100/50/5	s	32	1200	2.650
5.075	2.550	≤ 3.000	≤ 7,5	U 100/50/5	w			
			10,0	U 140/60/6	w			
				U 100/50/5	s	14	550	2.950
			15,0	U 100/50/5	s	18	700	2.950
			20,0	U 100/50/5	s	22	850	2.950
			30,0	U 120/60/6	s	32	950	2.950
5.475	3.000	≤ 3.250	≤ 7,5	U 140/60/6	w			
				U 100/50/5	s	12	450	3.150
			10,0	U 160/70/7	w			
				U 100/50/5	s	14	500	3.150
			15,0	U 100/50/5	s	18	650	3.150
			20,0	U 100/50/5	s	22	800	3.150
			30,0	U 140/60/6	s	30	900	3.150

Maße in mm, Lasten in kN

M2000L LE 12.xxx

Verbindungsart: **w** = schub**w**eich **s** = schub**s**tarr

L72 L73	**LE 12.xxx 4x2 BL (Blatt-Luft)**							
Rad-stand	Serien-Rahmen-überhang	max. Fahrzeug-überhang	LBW Nutzlast	Min. Hilfsrahmen	Verbind-ungsart	je Rahmenseite ≥		Beginn von Mitte 1. Achse ≤
						Schrauben Bohr.Ø 14+0,2	Schweiß-nahtlänge	
3.275	1.850	≤ 1.900	≤ 20,0	U 100/50/5	w			
			30,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	20	700	1.900
3.675	2.150	≤ 2.200	≤ 15,0	U 100/50/5	w			
			20,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	16	600	2.100
			30,0	U 100/50/5	s	22	800	2.100
4.025	2.100	≤ 2.400	≤ 10,0	U 100/50/5	w			
			15,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	14	550	2.300
			20,0	U 100/50/5	s	18	650	2.300
			30,0	U 100/50/5	s	24	900	2.300
4.575	2.100	≤ 2.700	≤ 7,5	U 140/60/6	w			
				U 100/50/5	s	12	450	2.650
			10,0	U 160/70/7	w			
				U 100/50/5	s	14	500	2.650
			15,0	U 100/50/5	s	18	650	2.650
			20,0	U 100/50/5	s	22	800	2.650
			30,0	U 140/60/6	s	30	900	2.650
5.075	2.550	≤ 3.000	≤ 7,5	U 100/50/5	s	14	450	2.950
			10,0	U 100/50/5	s	14	550	2.950
			15,0	U 100/50/5	s	18	650	2.950
			20,0	U 120/60/6	s	22	700	2.950
			30,0	U 160/60/6	s	30	900	2.950
5.475	3.000	≤ 3.250	≤ 10,0	U 100/50/5	s	14	550	3.150
			15,0	U 120/60/6	s	20	550	3.150
			20,0	U 140/60/6	s	22	650	3.150
			30,0	U 180/70/7	s	28	700	3.150

Maße in mm, Lasten in kN

M2000L LE 14.xxx

Verbindungsart: **w** = schub**w**eich **s** = schub**s**tarr

L74 L75 LE 14.xxx 4x2 BB (Blatt- Blatt)								
Rad-stand	Serien-Rahmen-überhang	max. Fahrzeug-überhang	LBW Nutzlast	Min. Hilfsrahmen	Verbind-ungsart	je Rahmenseite ≥		Beginn von Mitte 1. Achse ≤
						Schrauben Bohr.Ø 14+0,2	Schweiß-nahtlänge	
≤ 3.675		≤ 1.950	≤ 30,0	U 100/50/5	w			
4.025	2.100	≤ 2.200	≤ 20,0	U 100/50/5	w			
			30,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	24	900	2.300
4.575	2.100	≤ 2.550	≤ 15,0	U 100/50/5	w			
			20,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	20	750	2.650
			30,0	U 100/50/5	s	28	1050	2.650
5.075	2.550	≤ 2.950	≤ 10,0	U 100/50/5	w			
			15,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	18	650	2.950
			20,0	U 100/50/5	s	22	800	2.950
			30,0	U 120/60/6	s	30	900	2.950
5.475	3.000	≤ 3.200	≤ 7,5	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	12	450	3.150
			10,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	14	500	3.150
			15,0	U 100/50/5	s	18	650	3.150
			20,0	U 100/50/5	s	22	800	3.150
			30,0	U 120/60/6	s	30	900	3.150

Maße in mm, Lasten in kN

M2000L LE 14.xxx

Verbindungsart: **w** = schub**w**eich **s** = schub**s**tarr

L76 L77 L79 LE 14.xxx 4x2 BL / LL (Blatt-Luft / Luft-Luft)								
Rad-stand	Serien-Rahmen-überhang	max. Fahrzeug-überhang	LBW Nutzlast	Min. Hilfsrahmen	Verbind-ungsart	je Rahmenseite ≥		Beginn von Mitte 1. Achse ≤
						Schrauben Bohr.Ø 14+0,2	Schweiß-nahtlänge	
≤ 3.275	1.850	≤ 1.650	≤ 30,0	U 100/50/5	w			
3.675	2.150	≤ 1.950	≤ 20,0	U 100/50/5	w			
			30,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	20	700	2.100
4.025	2.100	≤ 2.150	≤ 15,0	U 100/50/5	w			
			20,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	16	600	2.300
			30,0	U 100/50/5	s	22	850	2.300
4.575	2.100	≤ 2.550	≤ 7,5	U 100/50/5	w			
			10,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	14	450	2.650
			15,0	U 160/70/7	w			
				U 100/50/5	s	16	600	2.650
			20,0	U 100/50/5	s	20	700	2.650
			30,0	U 120/60/6	s	28	800	2.650
5.075	2.550	≤ 2.900	≤ 7,5	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	12	450	2.950
			10,0	U 100/50/5	s	14	500	2.950
			20,0	U 120/60/6	s	22	650	2.950
			30,0	U 140/60/6	s	28	850	2.950
5.475	3.000	≤ 3.200	≤ 7,5	U 100/50/5	s	14	450	3.150
			10,0	U 100/50/5	s	14	550	3.150
			15,0	U 120/60/6	s	20	550	3.150
			20,0	U 120/60/6	s	22	700	3.150
			30,0	U 160/70/7	s	30	750	3.150
6.900	3.425	≤ 3.850	≤ 7,5	U 140/60/6	s	18	500	4.000
			10,0	U 160/60/6	s	20	600	4.000
			15,0	U 180/70/7	s	24	600	4.000

Maße in mm, Lasten in kN

M2000L LE 15.xxx 20.xxx

Verbindungsart: **w** = schub**w**eich **s** = schub**s**tarr

L81 L82 LE 15.xxx 4x2 BB (Blatt- Blatt)								
Rad-stand	Serien-Rahmen-überhang	max. Fahrzeug-überhang	LBW Nutzlast	Min. Hilfsrahmen	Verbind-ungsart	je Rahmenseite ≥		Beginn von Mitte 1. Achse ≤
						Schrauben Bohr.Ø 14+0,2	Schweiß-nahtlänge	
≤ 4.325		≤ 2.000	≤ 30,0	U 100/50/5	w			
4.575	2.100	≤ 2.200	≤ 20,0	U 100/50/5	w			
			30,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	24	900	2.650
5.075	2.550	≤ 2.500	≤ 15,0	U 100/50/5	w			
			20,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	18	650	2.950
			30,0	U 100/50/5	s	24	900	2.950
5.475	3.000	≤ 2.750	≤ 10,0	U 100/50/5	w			
			15,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	14	550	3.150
			20,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	18	650	3.150
			30,0	U 100/50/5	s	24	900	3.150
L83 L84 L86 LE 15.xxx 4x2 BL / LL (Blatt-Luft / Luft-Luft)								
≤ 3.675		≤ 1.600	≤ 30,0	U 100/50/5	w			
4.325	2.550	≤ 2.000	≤ 20,0	U 100/50/5	w			
			30,0	U 160/70/7	w			
				U 100/50/5	s	18	700	2.500
4.575	2.100	≤ 2.150	≤ 15,0	U 100/50/5	w			
			20,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	16	600	2.650
			30,0	U 100/50/5	s	22	800	2.650
5.075	2.550	≤ 2.450	≤10,0	U 100/50/5	w			
			15,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	14	550	2.950
			20,0	U 100/50/5	s	18	650	2.950
			30,0	U 100/50/5	s	24	850	2.950
5.475	3.000	≤ 2.700	≤ 7,5	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	12	400	3.150
			10,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	12	450	3.150
			15,0	U 100/50/5	s	16	550	3.150
			20,0	U 100/50/5	s	18	700	3.150
			30,0	U 120/60/6	s	26	800	3.150

Maße in mm, Lasten in kN

M2000L LE 15.xxx 20.xxx

Verbindungsart: **w** = schub**w**eich **s** = schub**s**tarr

L84 L86	**LE 20.xxx 6x2-4 BL / LL (Blatt-Luft / Luft-Luft)**							
Rad-stand	Serien-Rahmen-überhang	max. Fahrzeug-überhang	LBW Nutzlast	Min. Hilfsrahmen	Verbind-ungsart	je Rahmenseite ≥		Beginn von Mitte 1. Achse ≤
						Schrauben Bohr.Ø 14+0,2	Schweiß-nahtlänge	
3.675	1.500	≤ 2.000	≤ 7,5	U 140/60/6	w			
+1.375				U 100/50/5	s	10	600	2.900
			10,0	U 160/70/7	w			
				U 100/50/5	s	12	700	2.900
			15,0	U 100/50/5	s	14	800	2.900
			20,0	U 100/50/5	s	16	950	2.900
			30,0	U 120/60/6	s	22	1.050	2.900
4.025	1.700	≤ 2.250	≤ 7,5	U 160/70/7	w			
+1.375				U 100/50/5	s	10	600	3.100
			10,0	U 180/70/7	w			
				U 100/50/5	s	12	700	3.100
			15,0	U 100/50/5	s	14	800	3.100
			20,0	U 120/60/6	s	18	850	3.100
			30,0	U 140/60/6	s	22	1.050	3.100
4.325	1.900	≤ 2.450	≤ 10,0	U 100/50/5	s	12	700	3.300
+1.375			15,0	U 120/60/6	s	16	750	3.300
			20,0	U 120/60/6	s	18	850	3.300
			30,0	U 160/60/6	s	22	1.050	3.300
4.575	2.000	≤ 2.600	≤ 10,0	U 100/50/5	s	14	750	3.450
+1.375			15,0	U 120/60/6	s	16	750	3.450
			20,0	U 140/60/6	s	20	900	3.450
			30,0	U 160/70/7	s	24	950	3.450

Maße in mm, Lasten in kN

M2000L LE 18.xxx Verbindungsart: **w** = schub**w**eich **s** = schub**s**tarr

L87 LE 18.xxx 4x2 BB (Blatt- Blatt)

Rad-stand	Serien-Rahmen-überhang	max. Fahrzeug-überhang	LBW Nutzlast	Min. Hilfsrahmen	Verbind-ungsart	je Rahmenseite ≥		Beginn von Mitte 1. Achse ≤
						Schrauben Bohr.Ø 16+0,2	Schweiß-nahtlänge	
≤ 5.900		≤ 2.500	≤ 30,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
6.300	2.800	≤ 2.700	≤ 20,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
			30,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	16	800	3.650
L88 L89	**LE 18.xxx 4x2 BL / LL (Blatt-Luft / Luft-Luft)**							
≤ 5.100		≤ 2.100	≤ 30,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
5.500	3.050	≤ 2.300	≤ 20,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
			30,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	14	600	3.200
5.900	3.200	≤ 2.500	≤ 20,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
			30,0	U 160/70/7	w			
				U 100/50/5	s	14	650	3.400
6.300	2.800	≤ 2.700	≤ 15,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
			20,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	12	600	3.650
			30,0	U 100/50/5	s	16	800	3.650

Maße in mm, Lasten in kN

M31	**ME 12.xxx 4x2 BB / ME 14.xxx 4x2 BB (Blatt - Blatt)**							
Rad-stand	Serien-Rahmen-überhang	max. Fahrzeug-überhang	LBW Nutzlast	Min. Hilfsrahmen	Verbind-ungsart	je Rahmenseite ≥		Beginn von Mitte 1. Achse ≤
						Schrauben Bohr.Ø 14+0,2	Schweiß-nahtlänge	
4.425	2.250	≤ 2.300	≤ 20,0	U 100/50/5	w			
			30,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	24	850	2.550
4.925	2.700	≤ 2.650	≤ 15,0	U 100/50/5	w			
			20,0	U 140/60/6	w			
				U 100/50/5	s	18	650	2.850
			30,0	U 100/50/5	s	24	900	2.850
5.325	3.150	≤ 2.900	≤ 10,0	U 100/50/5	w			
			15,0	U 140/60/6	w			
				U 100/50/5	s	16	550	2.900
			20,0	U 100/50/5	s	18	650	2.900
			30,0	U 100/50/5	s	24	900	2.950
M32 M33	**ME 12.xxx 4x2 BL / ME 14.xxx 4x2 BL / LL MLC (Blatt-Luft / Luft-Luft)**							
4.425	2.250	≤ 2.300	≤ 15,0	U 100/50/5	w			
			20,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	16	600	2.550
			30,0	U 100/50/5	s	22	800	2.550
4.925	2.700	≤ 2.600	≤ 7,5	U 100/50/5	w			
			10,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	12	450	2.850
			15,0	U 160/70/7	w			
				U 100/50/5	s	14	550	2.850
			20,0	U 100/50/5	s	18	650	2.850
			30,0	U 120/60/6	s	26	750	2.850
5.325	3.150	≤ 2.900	≤ 7,5	U 140/60/6	w			
				U 100/50/5	s	12	400	3.050
			15,0	U 160/70/7	w			
				U 100/50/5	s	12	450	3.050
			20,0	U 100/50/5	s	18	700	3.050
			30,0	U 140/60/6	s	26	800	3.050
5.800	2.675	≤ 3.150	≤ 7,5	U 100/50/5	s	14	500	3.350
			10,0	U 100/50/5	s	16	550	3.350
			15,0	U 120/60/6	s	20	600	3.350
			20,0	U 120/60/6	s	24	700	3.350
			30,0	U 160/70/7	s	32	800	3.350

Maße in mm, Lasten in kN

M2000M ME 18.xxx ME 25.xxx

Verbindungsart: **w** = schub**w**eich **s** = schub**s**tarr

M38	**ME 18.xxx 4x2 BB (Blatt- Blatt)**							
Rad-stand	Serien-Rahmen-überhang	max. Fahrzeug-überhang	LBW Nutzlast	Min. Hilfsrahmen	Verbind-ungsart	je Rahmenseite ≥		Beginn von Mitte 1. Achse ≤
						Schrauben Bohr.Ø 16+0,2	Schweiß-nahtlänge	
≤5.900		≤ 2.650	≤ 30,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
6.300	2.800	≤ 2.900	≤ 20,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
			30,0	U 180/70/7	w			
				U 100/50/5	s	18	900	3.650
M39 M40	**ME 18.xxx 4x2 BL / LL (Blatt- Luft / Luft-Luft)**							
≤4.950		≤ 2.150	≤ 30,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
5.350	3.200	≤ 2.350	≤15,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
			20,0	U 100/50/5	w			
			30,0	U 100/50/5	s	24	850	2.950
5.750	3.350	≤ 2.550	≤15,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
			20,0	U 100/50/5	w			
			30,0	U 100/50/5	s	24	850	3.300
5.900	3.200	≤ 2.650	≤ 15,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
			20,0	U 100/50/5	w			
			30,0	U 100/50/5	s	24	900	3.400
6.300	2.800	≤ 2.900	≤ 10,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
			15,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	12	550	3.650
			20,0	U 180/70/7	w			
				U 100/50/5	s	24	900	3.650
			30,0	U 100/50/5	s	26	1.000	3.650
M42 M43	**ME 25.xxx 6x2-2 BL / LL (Blatt-Luft / Luft-Luft)**							
4.150	2.000	≤ 1.800	≤ 30,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
+1.350								
4.500	1.650	≤ 2.050	≤ 20,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
+1.350			30,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	18	1.000	3.400
5.150	2.000	≤ 2.450	≤ 10,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
+1.350			15,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	12	700	3.750
			20,0	U 180/70/7	w			
				U 100/50/5	s	18	800	3.750
			30,0	U 160/60/6	s	22	1.050	3.750
5.600	2.350	≤ 2.750	≤ 7,5	U 100/50/5	w			
+1.350			10,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	12	650	4.000
			20,0	U 100/50/5	s	20	900	4.000
			30,0	U 120/60/6	s	22	1.000	3.450

Maße in mm, Lasten in kN

F2000 FE 19.xxx FE 23.xxx FE 26.xxx

Verbindungsart: **w** = schub**w**eich **s** = schub**s**tarr

T01 T31	**FE 19.xxx 4x2 BB (Blatt - Blatt)**							
Rad-stand	Serien-Rahmen-überhang	max. Fahrzeug-überhang	LBW Nutzlast	Min. Hilfsrahmen	Verbind-ungsart	je Rahmenseite ≥		Beginn von Mitte 1. Achse ≤
						Schrauben Bohr.Ø 16+0,2	Schweiß-nahtlänge	
≤ 5.700		≤ 3.200	≤ 30,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
T02 T03 T32 T33 T62	**FE 19.xxx 4x2 BL / LL (Blatt - Luft / Luft-Luft)**							
≤ 3.800		≤ 2.000	≤ 30,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
4.500	1.900	≤ 2.400	≤ 20,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
			30,0	U 140/60/6	w			
				U 100/50/5	s	16	750	2.600
4.800	1.800	≤ 2.450	≤ 20,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
			30,0	U 160/60/6	w			
				U 100/50/5	s	18	800	2.750
5.000	2.250	≤ 2.750	≤ 30,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
5.200	3.000	≤ 2.850	≤ 30,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
5.500	2.100	≤ 2.950	≤ 20,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
			30,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	16	750	3.200
5.700	2.750	≤ 3.200	≤ 20,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
			30,0	U 180/70/7	w			
				U 100/50/5	s	16	750	3.200
6.600	3.650	≤ 3.800	≤ 10,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
			15,0	U 140/60/6	w			
				U 100/50/5	s	10	500	3.800
			20,0	U 100/50/5	s	12	550	3.800
			30,0	U 100/50/5	s	16	750	3.800

Maße in mm, Lasten in kN

F2000 FE 19.xxx FE 23.xxx FE 26.xxx

Verbindungsart: **w** = schub**w**eich **s** = schub**s**tarr

Rad-stand	Serien-Rahmen-überhang	max. Fahrzeug-überhang	LBW Nutzlast	Min. Hilfsrahmen	Verbind-ungsart	je Rahmenseite ≥		Beginn von Mitte 1. Achse ≤
						Schrauben Bohr.Ø 16+0,2	Schweiß-nahtlänge	
T05 T35	**FE 23.xxx 6x2-2, 6x2-4 LL (Luft-Luft)**							
4.600	1.850	≤ 2.700	≤ 7,5	kein Hilfsrahmen erforderlich				
+1.350			10,0	U 120/60/6	w			
				U 100/50/5	s	12	600	3.450
			15,0	U 180/70/7	w			
				U 100/50/5	s	12	750	3.450
			20,0	U 100/50/5	s	14	850	3.450
			30,0	U 120/60/6	s	22	1.000	3.450
4.800	2.000	≤ 2.850	≤ 7,5	U 120/60/6	w			
+1350				U 100/50/5	s	10	550	3.550
			10,0	U 160/70/7	w			
				U 100/50/5	s	12	650	3.550
			15,0	U 100/50/5	s	14	750	3.550
			20,0	U 100/50/5	s	16	900	3.550
			30,0	U 120/60/6	s	22	1.000	3.550
5.000	1.800	≤ 3.000	≤ 7,5	U 160/70/7	w			
+1350				U 100/50/5	s	12	650	3.650
			10,0	U 100/50/5	s	12	700	3.650
			15,0	U 100/50/5	s	12	650	3.650
			20,0	U 120/60/6	s	20	900	3.650
			30,0	U 140/60/6	s	24	1.150	3.650
T06 T36 T07 T37	**FE 26.xxx 6x2-2, 6x2-4 BL (Blatt-Luft / Luft-Luft)**							
4.600		≤ 2.400	≤ 30,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
+1.350								
4.800	2.000	≤ 2.500	≤ 20,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
+1.350			30,0	U 140/60/6	w			
				U 100/50/5	s	14	800	3.550
5.000	2.200	≤ 2.700	≤ 20,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
+1.350			30,0	U 100/50/5	s	16	850	3.650
5.700	2.700	≤ 3.200	≤ 10,0	kein Hilfsrahmen erforderlich				
+1.350			15,0	U 160/70/7	w			
				U 100/50/5	s	12	650	4.050
			20,0	U 100/50/5	s	14	700	4.050
			30,0	U 100/50/5	s	16	900	4.050

Maße in mm, Lasten in kN

Elektrischer Anschluss

Elektrohydraulische Ladebordwände erfordern eine gewissenhafte Auslegung der elektrischen Versorgung.
Die Anwendung der Hinweise im Kapitel 6 ‚Elektrik', Leitungen' der Aufbaurichtlinien werden vorausgesetzt.
Die elektrische Schnittstelle für Ladebordwand ist idealerweise ab Werk vorzusehen (umfasst Schalter, Kontrollleuchte, Anlasssperre und Stromversorgung für Ladebordwand). Eine Nachrüstung ist aufwendig und bedingt einen Eingriff in das Fahrzeugbordnetz, der nur von entsprechend geschulten Mitarbeitern der MAN-Servicestellen durchgeführt werden soll. Die werkseitig eingebaute Transportsicherung ist zu entfernen. Der Aufbauhersteller hat die Verschaltung der Ladebordwand auf deren Eignung für MAN-Fahrzeuge zu prüfen. Anschluss an die Schnittstelle Elektrik für Hubladebordwand, siehe nachfolgende Bilder.

Bild 94: Zusatzschaltplan Ladebordwand für L2000 u. M2000L MAN-Nr. 85.99192-0228

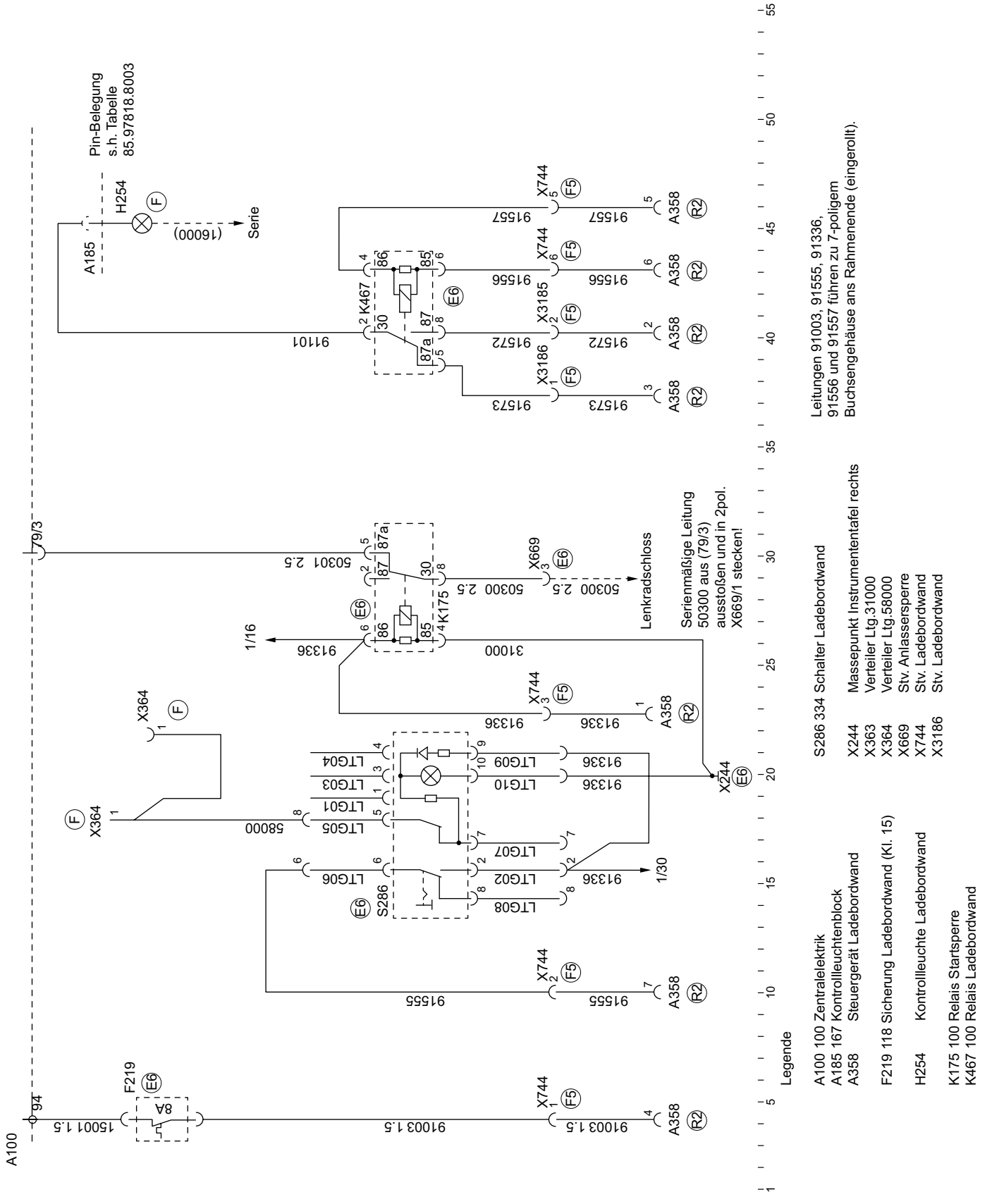
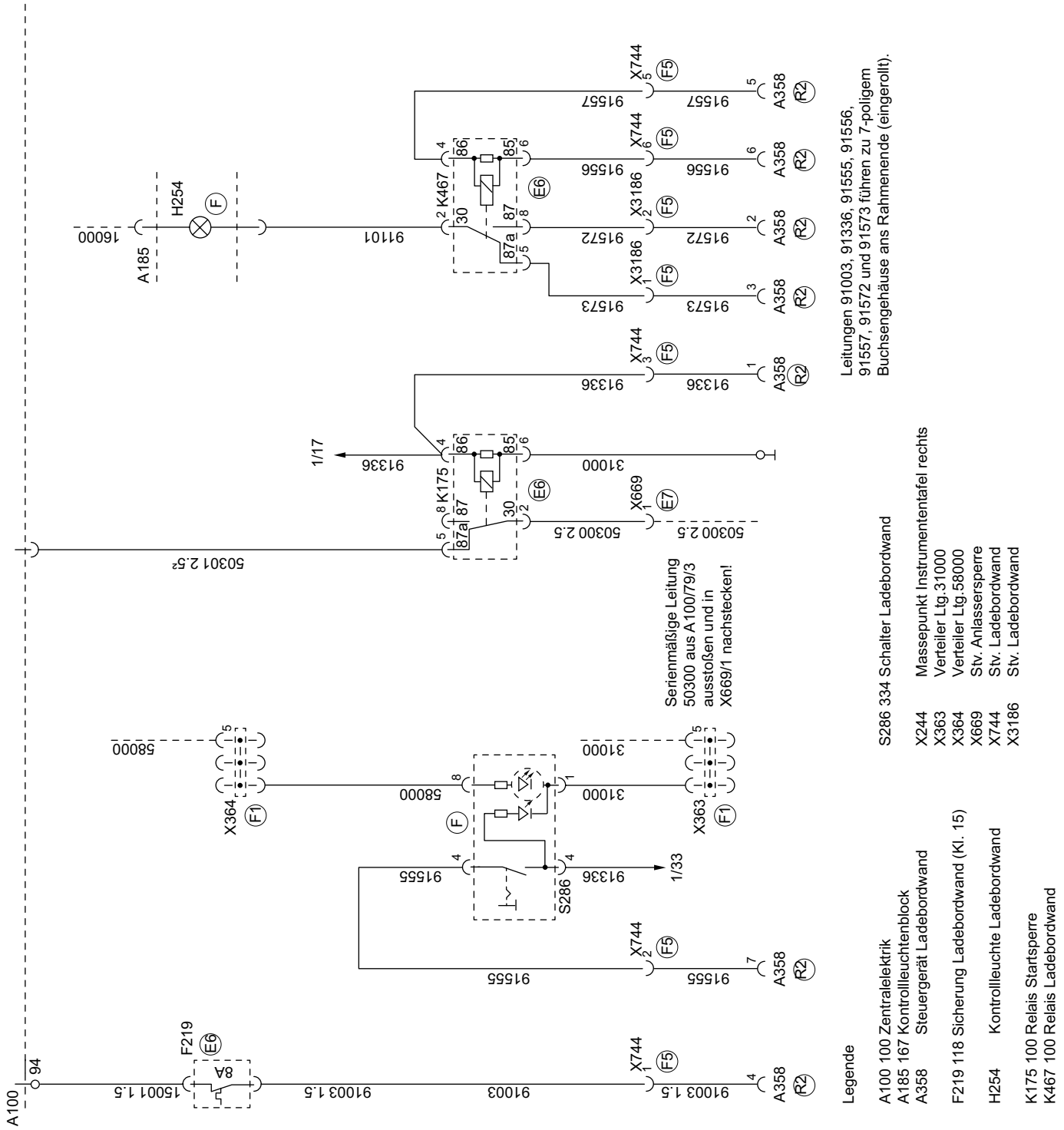


Bild 95: Zusatzschaltplan Ladebordwand für M2000M u. F2000 MAN-Nr. 81.99192.1536



5.3.10 Seilwinde

Bei Anbau einer Seilwinde sind folgende Gesichtspunkte maßgebend:

- Zugkraft
- Einbaulage
  - Fronteinbau
  - Mitteleinbau
  - Heckeinbau
  - Seiteneinbau
- Antriebsart
  - mechanisch
  - elektromechanisch
  - elektrohydraulisch.

Fahrzeugteile, wie z.B. Achsen, Federn, Rahmen usw. dürfen durch den Betrieb der Seilwinde keinesfalls überlastet werden. Dies gilt besonders bei einer von der Fahrzeuglängsachse abweichenden Richtung der Windenzugkraft. Eventuell ist eine von der Zugkraftrichtung abhängige automatische Zugkraftbegrenzung notwendig.

Bei Frontanbau einer Seilwinde wird die maximale Windenzugkraft durch die technisch zulässige Vorderachslast begrenzt. Die technisch zulässige Vorderachslast ist dem Fabrikschild des Fahrzeugs und den Fahrzeugpapieren zu entnehmen. Eine Windenauslegung mit Zugkräften, die über die technisch zulässige Vorderachslast hinausgehen, ist ohne vorheriger Rücksprache mit MAN, Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“) nicht zulässig.

In jedem Fall ist auf eine einwandfreie Seilführung zu achten. Das Seil soll möglichst wenige Umlenkungen haben. Gleichzeitig darf jedoch kein Fahrzeugteil in seiner Funktion beeinträchtigt sein.

Wegen der besseren Regulier- und Einbaumöglichkeit der Winde ist ein hydraulischer Windenantrieb vorzuziehen. Der Wirkungsgrad von Hydraulikpumpe und -motor ist zu berücksichtigen (siehe auch Kapitel 9 ‚Berechnungen‘).

Es ist zu überprüfen, ob vorhandene Hydraulikpumpen, wie z.B. die von einem Ladekran oder Kipper, mit verwendet werden können. Dadurch kann u.U. der Einbau von mehreren Nebenabtrieben vermieden werden.

Beim Schneckengetriebe mechanischer Winden ist die zulässige Eingangsdrehzahl zu beachten (in der Regel < 2000 U/min). Die Übersetzung des Nebenabtriebs ist entsprechend zu wählen. Der niedrige Wirkungsgrad des Schneckengetriebes ist bei der Bestimmung des erforderlichen Mindestdrehmomentes am Nebenabtrieb zu berücksichtigen.

Für elektromechanisch oder elektrohydraulisch angetriebene Winden sind die Hinweise im Kapitel 6 ‚Elektrik’, Leitungen‘ zu beachten.

Schriften:

- Unfallverhütungsvorschrift „Winden, Hub- und Zuggeräte“ (VBG-8)
- DIN 14584 Zugeinrichtungen mit maschinellem Antrieb
- DIN 15020, Blatt 1 und 2, Grundsätze für Seiltriebe
- DIN 31000 Sicherheitsgerechtes Gestalten technischer Erzeugnisse - allgemeine Leitsätze
- DIN 31001 Blatt 1 und 2, Schutzeinrichtungen
- Merkblatt Nr. 9 der Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen: „Sicherheit beim Umgang mit kraftbetriebenen Trommelwinden“.

5.3.11 Transportmischer

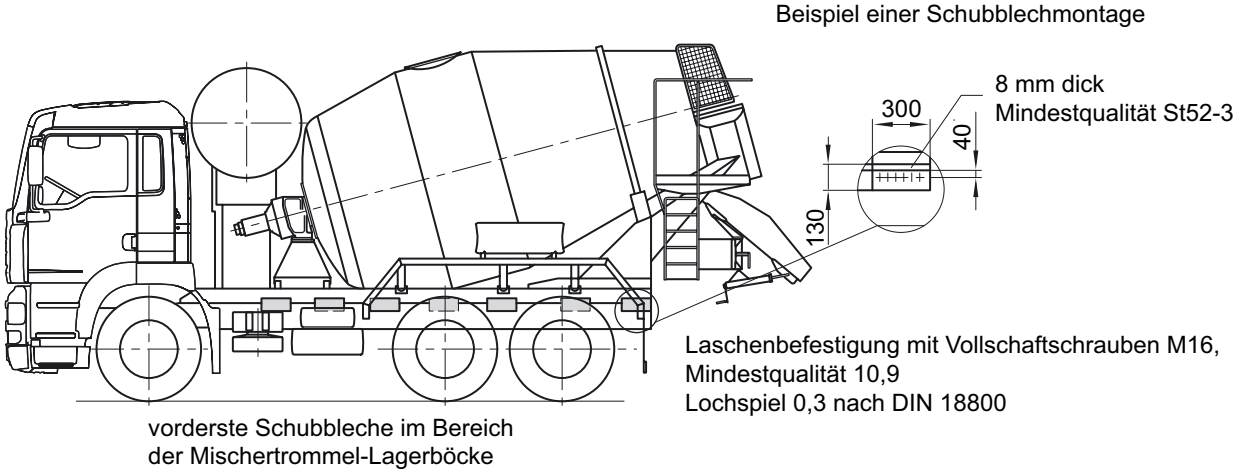
Fahrgestelle für Transportmischer sind zur Verringerung der Wankneigung mit Stabilisator an beiden Hinterachsen, sowie mit Hinterfedern für hohen Fahrzeugschwerpunkt auszurüsten. MAN hat Fahrgestelle im Verkaufsprogramm, die für den Aufbau eines Transportmischers vorbereitet sind. Diese sind am Zusatz „**-TM**“ für **T**ransport**m**ischer erkennbar z.B. 32.364 VF-**TM**.

Der Antrieb des Transportmischers erfolgt im Allgemeinen durch den Nebenabtrieb am Motor = Nockenwellenabtrieb. Alternativ ist auch ein motorabhängiger NMV-Nebenabtrieb von ZF möglich, dies bedingt die Ausrüstung mit ZF-Getriebe. Der nachträgliche Einbau der beiden genannten Nebenabtriebe ist sehr aufwendig und daher nicht zu empfehlen. Im Nachrüstungsfall ist ein Antrieb mittels Separatmotor vorzuziehen.

Im Bild 96 ist ein Beispiel eines Mischeraufbaus dargestellt. Der Aufbau erfolgt auf nahezu gesamter Länge schubstarr, davon ausgenommen ist nur das vordere Hilfsrahmenende vor der Trommellagerung. Die ersten beiden Schubbleche müssen im Bereich der vorderen Lagerböcke der Trommel liegen. Im Fall der Transportmischerfahrgestelle ab Werk sind die Schubbleche bereits an den richtigen Stellen angebracht - beim nachträglichen Einbau wird vorausgesetzt, dass sich die Schubblechanordnung an die hier genannten Regeln und an die Anordnung des vergleichbaren TM-Fahrgestells hält. Fahrgestellzeichnungen sind erhältlich über unser Online-System MANTED® (www.manted.de) oder per Telefaxbestellung bei Abteilung ESC (Adresse/ Faxnummer siehe oben unter „Herausgeber“).

Betonförderbänder und Betonpumpen können nicht ohne weiteres auf serienmäßige Transportmischerfahrgestelle aufgebaut werden. Hierzu ist neben der Genehmigung von MAN auch die des Transportmischer-Herstellers erforderlich. Unter Umständen ist eine andere Hilfsrahmenkonstruktion als die des normalen Mischerhilfsrahmens oder ein Kreuzverband am Rahmenende notwendig (ähnlich wie bei Heckladekranaufbauten: siehe Abschnitt ‚Heckladekran‘ in diesem Kapitel). Eine Genehmigung durch MAN, Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“) ist unerlässlich. Einzureichende Unterlagen, siehe Abschnitt ‚Aufbauprüfung‘ in diesem Kapitel.

Bild 96: Transportmischeraufbau ESC-016



6. Elektrik, Leitungen

6.1 Einführung

Da der Stand der Technik in immer schnellerem Tempo Änderungen an Elektrik und Elektronik erfordert, werden weiterhin neben Aufbaurichtlinien auch Schnittstellenbeschreibungen und andere Informationsschriften und –quellen den Eingriff der Aufbauhersteller auf Elektrik/ Elektronik des Nutzfahrzeuges beschreiben und regeln. Tagesaktuelle Informationen sind dem MAN-Onlinedienst MANTED® (www.manted.de) zu entnehmen.

6.2 Hinweis auf Reparaturanleitungen und Normen

Umfassende Informationen zu einzelnen Systemen sind den entsprechenden Reparaturanleitungen zu entnehmen. Reparaturanleitungen können über den Ersatzteildienst der MAN-Serviceniederlassungen bezogen werden.
Die im Nutzfahrzeug eingebaute Elektrik/ Elektronik entspricht den jeweils gültigen nationalen und europäischen Normen und Richtlinien, die als Mindestanforderung zu beachten sind. In manchen Bereichen gehen die MAN-Normen jedoch erheblich über diese hinaus. Bei Bedarf können bei der MAN Truck & Bus AG, Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“) die jeweils neuesten gültigen MAN-Normen bezogen werden.

6.3 Starten, Anschleppen und Betrieb

Der Motor wird in der für Dieselmotoren üblichen Weise (siehe Betriebsanleitung) gestartet. Muss jedoch im Notfall der Motor durch Anschleppen gestartet werden, dann darf dies nur mit angeschlossener Batterie und nach Vorgaben wie in der Betriebsanleitung beschrieben durchgeführt werden.

- Fremdstart von Fahrzeug zu Fahrzeug ist bei Beachtung der Hinweise in der Betriebsanleitung zulässig (über Fremdstart-Steckdose oder Starthilfekabel). Unzulässig ist Fremdstart mit:
  - Schnelllader
  - Fremdstartgerät.

Bei laufendem Motor:

- Batteriehauptschalter nicht ausschalten
- Batterie- bzw. Polklemmen nicht lösen oder demontieren.

6.4 Behandlung der Batterien

Auch wartungsfreie Batterien brauchen Pflege. Wartungsfreiheit bedeutet lediglich, dass eine Kontrolle des Flüssigkeitsstands entfällt. Jede Batterie hat eine Selbstentladung, die bei Mangel an Überwachung bis zur Schädigung der Batterie durch Tiefentladung führt.

Deshalb gilt für Standzeiten auch während der Aufbauphase:

- sämtliche Verbraucher ausschalten (z.B. Licht, Innenbeleuchtung, Radio).
- Fahrtschreiber immer mit einer Tachografenscheibe versehen, zuklappen und auf Stellung „Ruhezeit“ schalten. Grund: Stromverbrauch im Monat 19 Ah in Ruhestellung, 72 Ah bei geöffnetem Deckel.
- Batterietrennschalter (sofern vorhanden) nicht betätigen, er trennt den Fahrtschreiber nicht vom Bordnetz.
- unnötige Motorstarts vermeiden (z.B. nur Rangierfahrt), Stromverbrauch pro Startvorgang bis 2 Ah**.**
- regelmäßige Messung der Ruhespannung an jeder Batterie (mindestens einmal im Monat). Richtwerte 12,6 V = voll geladen; 12,3 V = auf 50% entladen.
- sofortige Nachladung bei einer Ruhespannung von 12,25 V oder weniger (keine Schnellladung).
- Fahrzeugbatterien müssen regelmäßig gemäß Ladekarte und Ladekalender, bis zur Übergabe des Fahrzeuges an den Endkunden, nachgeladen werden.
- die Ruhespannung der Batterien stellt sich ca. 10 h nach der letzten Ladung bzw. ca. 1 h nach der letzten Entladung ein.

- nach jedem Ladevorgang Ruhezeit der Batterie 1h vor Inbetriebnahme.
- unabhängig von der Standzeit Ruhespannung prüfen, wenn die Batterie stark belastet wurde, z.B. durch Einbau oder Reparatur einer Ladebordwand mit anschließender Funktionskontrolle oder häufiges Starten des Fahrzeugs ohne anschließende Fahrt.
- bei Standzeiten > 1 Monat: Batterien abklemmen, dennoch Messung der Ruhespannung nicht vergessen. Tiefentladene Batterien (Batterien mit Sulfatbildung) unterliegen nicht der Gewährleistung.

Es ist kein Anschluss am Minuspol der Batterie erlaubt. Zur Masseversorgung muss ein getrenntes Kabel zum gemeinsamen Massepunkt verlegt werden. Der gemeinsame Massepunkt ist bei Fahrzeugen mit:

- D08-Motor (L2000, M2000) am linken hinteren Motorlager
- D28-Motor (F2000, E2000) am rechten hinteren Motorlager
- bzw. (bei allen Fahrzeugen) hinter der Zentralelektrik oder Instrumentierung.

Die Stromversorgung ($+U_{BAT}$) von aufbauseitigen Aggregaten und Steuerungen ist von den Batterien über eine separate und geeignete Leitungsabsicherung abzugreifen. Eine Stromabnahme von nur einer 12-V Batterie des 24-V-Bordnetzes ist nicht zulässig (siehe auch Abschnitt 6.6, ‚Absicherung, Leistung für zusätzliche Verbraucher').

Alle MAN-Lkw werden mit Drehstromgeneratoren ausgerüstet. Bei Lichtbogenschweißungen sind die Hinweise unter Kapitel ‚Fahrgestelle ändern', Abschnitt ‚Schweißen am Rahmen' zu beachten, so sind vor Beginn der Schweißung die Minus- und Plusanschlüsse der Batterie abzuklemmen und die losen Enden der Kabel miteinander zu verbinden. Falls ein Batteriehauptschalter vorhanden ist, muss dieser geschlossen sein (mechanischer Schalter) bzw. überbrückt werden (elektrischer Schalter). Besondere Behandlungsvorschriften gelten für Fahrzeuge mit Erdgasmotor, siehe Kapitel ‚Fahrgestelle ändern', Abschnitt ‚Gasmotor'.

Zum Thema Batterien ist bei MAN eine „Technische Aufbauherstellerinformation" erschienen (Nr. 96-01-2-66). Bezugsmöglichkeit besteht bei Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber").

6.5 Zusatzschaltpläne und Kabelstrangzeichnungen

Zusatzschaltpläne und Kabelstrangzeichnungen, die z.B. Aufbauvorbereitungen enthalten oder beschreiben, sind bei MAN, Abt. ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber") erhältlich. Es liegt in der Verantwortung des Aufbauherstellers, sich zu vergewissern, dass die von ihm benutzten Unterlagen wie z.B. Schaltpläne und Kabelstrangzeichnungen dem im Fahrzeug verbauten Änderungsstand entsprechen. Weitere technische Informationen sind den Reparaturanleitungen zu entnehmen.

6.6 Absicherung, Leistung für zusätzliche Verbraucher

Beim nachträglichen Einbau zusätzlicher elektrischer Verbraucher unbedingt beachten:

- Veränderungen jeder Art, insbesondere jedoch der Zentralelektrik des bestehenden Bordnetzes sind verboten. Für Schäden, die aufgrund solcher Veränderungen entstehen, haftet der Aufbauhersteller.
- In der Zentralelektrik sind keine freien Sicherungen zur Verwendung für den Aufbauhersteller vorhanden.
- Zusätzliche Sicherungen können bei Bedarf vor der Zentralelektrik in einem vorbereiteten Kunststoffhalter befestigt werden.
- Jegliche Anzapfung von vorhandenen Stromkreisen der Bordelektrik bzw. der Anschluss von weiteren Verbrauchern an bereits belegten Sicherungen ist verboten.
- Jeder vom Aufbauhersteller eingebrachter Stromkreis muss ausreichend dimensioniert und über eigene Sicherungen abgesichert werden. Die Dimensionierung der Sicherung soll den Schutz der Leitung gewährleisten und nicht den des daran gekoppelten Systems. Diese elektrischen Systeme müssen einen ausreichenden Schutz gegen alle möglichen Störungen gewährleisten ohne die Fahrzeugelektrik zu beeinflussen.
- Bei der Dimensionierung des Leiterquerschnittes ist der Spannungsabfall und die Erwärmung des Leiters zu berücksichtigen. Wegen der zu geringen mechanischen Festigkeit sind Querschnitte unter 1 mm^2 zu vermeiden. Minus-und Plusleitung müssen den gleichen Mindestquerschnitt aufweisen.
- Stromabnahmen für 12-V-Geräte sind nur über Spannungswandler zu realisieren. Die Abnahme an nur einer Batterie ist nicht zulässig, weil ungleichmäßige Ladungszustände zur Überladung und Schädigung der jeweils anderen Batterie führen.
- Zusätzliche elektrisch angetriebene Aggregate erfordern u.U. Batterien mit größerer Kapazität. Evtl. ist auch ein Generator mit größerer Leistung erforderlich. Der Querschnitt der Batterieanschlusskabel ist der neuen Leistungsabnahme anzupassen. Diese Aggregate sind in den meisten Fällen bereits ab Werk lieferbar. Der nachträgliche Einbau ist möglich.

Die größtmögliche Batteriekapazität und Generatorleistung ist insbesondere vorzusehen bei:

- Ausrüstung mit elektrohydraulischer Ladebordwand
- Einbau einer Wirbelstrombremse.

6.7 Art der zu benutzenden elektrischen Leiter und Relais

In MAN-Nutzfahrzeugen finden nur elektrische Leiter und Relais gemäß der MAN-Norm M3135 bzw. dem MAN-Lastenheft „Relais für Nutzfahrzeuge“ Verwendung. Bei Bedarf können diese Schriften bei Abt. ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“) bezogen werden. Die internationale Norm ISO 6722 über „Ungeschirmte Niederspannungsleitungen“ in Straßenfahrzeugen muss eingehalten werden.

6.8 Beleuchtungsanlage

Wird die lichttechnische Einrichtung (Beleuchtungsanlage) geändert, erlischt die Teilbetriebserlaubnis nach EG-Richtlinie 76/ 756/ EWG inkl. Änderung 97/28/EG. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die Anordnung der Beleuchtungsanlage maßlich verändert oder eine Leuchte durch eine andere, nicht in der Teilbetriebserlaubnis enthaltene, ersetzt wird.

Fahrzeuge über 6m Gesamtlänge sind mit Seitenmarkierungsleuchten gemäß o.g. Richtlinie auszustatten.
Es besteht auch bei Fahrgestellen Liefermöglichkeit ab Werk. Wenn keine seitliche Schutzvorrichtung bestellt wurde, können Seitenmarkierungsleuchten auch mit vorübergehender Befestigung am Rahmen geliefert werden.
Die in der Richtlinie angegebenen Anbaumaße sind einzuhalten.

Nach erfolgter Aufbaumontage muss die Grundeinstellung der Scheinwerfer neu festgelegt werden. Dies ist auch bei Fahrzeugen mit Leuchtweitenregulierung direkt an den Scheinwerfern vorzunehmen. Hierzu am Typschild prozentualen Abblendungswert ablesen und (z.B. mit Einstellgerät) den abgelesenen Wert kontrollieren, ggf. einstellen. Werden Scheinwerfer höher oder tiefer gesetzt, sind nach o.g. EG-Richtlinie der prozentuale Wert der Abblendung und das Typschild richtig zu stellen.

6.9 Entstörungs

Der Entstörungsgrad richtet sich nach dem Einsatzzweck des Fahrzeugs. Die Vorschriften hierzu sind je nach Land unterschiedlich. Durch die Wahl geeigneter Entstörmittel ist die Anlage zu entstören.

Geeignete Entstörmittel sind z.B.

- Entstörwiderstände
- Kondensatoren und Drosselspulen, bzw. Entstörfilter
- spezielle Leitungen und Leitungsverbindungen
- hochfrequenzdichte Abschirmung.

Zu beachten sind auch die verschiedenen Entstörklassen, wie z.B. Nah- und Fernentstörung.
In Deutschland sind die Auflagen in der DIN 57879/VDE 0879, Teil 1, und StVZO §55a maßgebend.

6.10 Elektromagnetische Verträglichkeit

Aufgrund der Wechselwirkung zwischen den verschiedenen elektrischen Bauteilen, elektronischen Systemen, dem Kraftfahrzeug und der Umwelt ist die elektromagnetische Verträglichkeit zu prüfen. Alle Systeme in MAN-Nutzfahrzeugen erfüllen die Anforderungen nach MAN-Norm M3285 (EMV).

Schriften:

- MAN-Norm M3285 (erhältlich über MAN, Abteilung ESC - Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“)
- EG-Richtlinie 72/245/EWG mit Ergänzung 95/54/ EWG.

Bei der Nachrüstung elektrischer oder elektronischer Komponenten ist die elektromagnetische Verträglichkeit zu prüfen.
Ab 2002 ist die Richtlinie 72/245/EWG mit Ergänzung 95/54/EWG EU-weite Mindestanforderung für alle elektrischen/ elektronischen Aggregate im Fahrzeugbordnetz.

MAN-Fahrzeuge erfüllen bei der Auslieferung die Anforderungen der EG-Richtlinie 72/245/EWG einschließlich 95/54/EG.
Sämtliche Geräte (Definition der Geräte nach 89/336/EWG) die vom Aufbauhersteller am Fahrzeug angebracht werden, müssen den jeweils gültigen gesetzlichen Vorschriften entsprechen. Der Aufbauhersteller ist für die EMV seiner Komponente bzw. seines Systems und seinen Wechselwirkungen mit anderen Systemen verantwortlich. Nach dem Einbau von solchen Systemen oder Komponenten ist der Aufbauhersteller verantwortlich, dass das Fahrzeug weiterhin den aktuellen gesetzlichen Vorschriften entspricht. Funktechnische Einrichtungen, z.B. eine Funkfernsteuerung für Aufbaufunktionen dürfen zu keiner Beeinflussung der Nutzfahrzeugfunktionen führen.

6.11 Schnittstellen am Fahrzeug

Die von MAN bereitgestellten Schnittstellen (z.B. Zwischendrehzahlregelung) befinden sich bei:

- F2000, E2000 und M2000M: außerhalb des Fahrerhauses hinter der Frontklappe auf der Beifahrerseite
- L2000 und M2000L: Im Fahrerhaus auf der Beifahrerseite unterhalb der Zentralelektrik.

Alle am Fahrzeug vorhandenen Schnittstellen sind in den entsprechenden Aufbauhersteller-Informationen beschrieben.
Bei Bedarf können diese bei MAN, Abt. ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“) angefordert werden.

6.12 Aufbauvorbereitungen

Wenn ein Fahrzeug mit Aufbauvorbereitungen (z.B. Start-Stopp-Einrichtung am Rahmenende) bestellt wird, werden diese ab Werk verbaut und teilweise angeschlossen. Der Aufbauhersteller muss die entsprechenden Schaltpläne und Kabelstrangzeichnungen verwenden. Für die Überführung des Fahrzeuges zum Aufbauhersteller sind von der MAN Transportsicherungen eingebaut. Diese müssen fachgerecht entfernt werden, damit die Systeme in den sicheren Betrieb genommen werden können.

6.13 Einstellen kundenspezifischer Parameter mit MAN-cats®

MAN-cats® ist das MAN-Standardwerkzeug für Diagnose und Parametrierung der elektronischen Systeme im Fahrzeug. Die Änderung der kundenspezifischen Parameter (z.B. Zwischendrehzahlen) wird mittels MAN-cats® durchgeführt. MAN-cats® ist in allen MAN-Serviceniederlassungen und MAN-Vertragswerkstätten im Einsatz. Wenn der Aufbauhersteller oder Kunde bereits bei der Auftragsklärung dem MAN-Vertrieb die gewünschten kundenspezifischen Parametern übermitteln kann, so werden diese bereits ab Werk per EOL-Programmierung (EOL = end of line, Programmierung am Bandende) in das Fahrzeug eingespielt.
Der Einsatz von MAN-cats® ist dann erforderlich, wenn diese Parameter geändert werden sollen.

6.14 Masseleitung

Bei MAN-Fahrzeugen wird der Rahmen nicht als Masseleitung zweckentfremdet, sondern es wird mit der Plusleitung auch eine eigene Masseleitung zum Verbraucher verlegt. Zusätzliche Verbraucher, wie z.B. Ladebordwände, müssen deshalb mit einer Masseleitung vom Verbraucher bis zum gemeinsamen Massepunkt ausgerüstet sein.

Gemeinsame Massepunkte befinden sich:

- hinter der Zentralelektrik
- hinter der Instrumentierung
- am rechten hinteren Motorlager bei D28 Motoren (F2000, E2000) bzw. am linken hinteren Motorlager bei D08 Motoren (M2000, L2000).

Es dürfen nicht mehr als insgesamt 8 - 10A von den gemeinsamen Massepunkten hinter der Zentralelektrik bzw. Instrumentierung abgegriffen werden. Zigarettenanzünder und eventuelle Zusatzsteckdosen haben eigene Leistungsbegrenzungen, welche der Betriebsanleitung zu entnehmen sind. Bei höherem Leistungsbedarf muss die Leitungsauslastung basierend auf die Fahrzeugausstattung überprüft bzw. eine Masseleitung zum gemeinsamen Massepunkt am entsprechenden Motorlager gezogen werden.

Das Gehäuse einpoliger Motoren von Fremdaggregaten ist über ein Massekabel an den gemeinsamen Massepunkt am entsprechenden Motorlager anzuschließen, um beim Einschalten des Starters evtl. Schäden an mechanischen Teilen oder der elektrischen Anlage zu vermeiden.

Bei allen Fahrzeugen befindet sich innerhalb des Batteriekastens ein Schild, das ausdrücklich darauf hinweist, dass der Fahrzeugrahmen nicht mit dem Minuspol der Batterie verbunden ist.

6.15 Elektrische Leitungen und Leitungsverlegung

Grundsätze der Leitungsverlegung:

- Eine lose Verlegung von Leitungen ist nicht zulässig, vorgesehene Befestigungsmöglichkeiten und/ oder Rohre sind zu verwenden.
- Kabelbaumwellrohre werden im Rahmen auf Kunststoffkonsolen und im Motorbereich auf vorbereiteten Kabeltrassen mit Rasterbändern aufgebunden oder mittels Clip-Technik befestigt
- Niemals mehrere Leitungen an einer Schelle befestigen.
- Es dürfen nur PA-Rohre (PA = Polyamid) nach DIN 74324 Teil 1 oder MAN-Norm M3230 Teil 1 (Erweiterung der DIN 74324 Teil 1) verwendet werden.
- Auf die verlegte Länge bei PA-Rohren 1% Längenzugabe geben (entspricht 10 mm je Meter Kabellänge), weil Kunststoffrohre sich bei Kälte zusammenziehen und eine Gebrauchsfähigkeit bis -40°C gegeben sein muss.
- Elektrische Leitungen dürfen nicht mit Kraftstoff- oder Bremsleitungen einen Strang bilden und sind vor Hitzeeinwirkung und Scheuerstellen zu schützen.
- Steckverbindungen sind so anzuschließen, dass der Kabelabgang nicht nach oben zeigt.
- Serienmäßige elektrische Verbindungen, auch Masseverbindungen, nach Möglichkeit nicht verändern. Bei der Änderung von Leitungslängen oder Einbau weiterer Leitungen sind wassergeschützte Steckverbindungen nach MAN-Standard zu wählen. Die Verbindungen müssen nach dem Einbau durch Erhitzen wasserdicht verschrumpft werden. Bezugsmöglichkeit für wassergeschützte Stoßverbinder und Abzweigelemente besteht über den MAN-Ersatzteildienst.
- Der Durchgang der vom Aufbauhersteller verlegten Kabelstränge aus dem Nass- in den Trockenbereich des Fahrzeuges hat über die bereits vorhandenen MAN-Fahrerhaustrennstellen stattzufinden. Dabei darf eine von der MAN realisierte Abdichtung nicht beeinträchtigt werden.
- Der Durchmesser von verwendeten Well-Rohren ist der Größe des in ihm verlegten Kabelstranges anzupassen, da es bei einem zu großen Well-Rohr vorkommen kann, dass sich die Isolierungen der Leitungen an der Innenseite des Well-Rohres durchscheuern.
- Wird die Einbaulage von elektrischen oder elektronischen Komponenten verändert, ist die Länge von elektrischen Leitungen den neuen Erfordernissen anzupassen. Kleinere Überlängen der Kabel sollten durch entsprechende Verlegung kompensiert werden (längeren Weg wählen). Keinesfalls Überlängen in Ringen oder Schleifen aufwickeln! Damit soll eine eventuelle mögliche „Antennenwirkung“ der Kabel vermieden werden.
- Muss bei der Leitungsverlegung von der einen Rahmenseite zur anderen gewechselt werden, so ist eine bereits vorhandene Bohrung zu verwenden. Eine zusätzliche Bohrung ist erst dann vorzusehen, wenn keine andere Möglichkeit besteht.

7. Nebenabtriebe → siehe separates Heft

8. Bremsen, Leitungen

Die Bremsanlage zählt zu den wichtigsten Sicherheitsbauteilen des Lkw. Änderungen der gesamten Bremsanlage einschließlich der Leitungen dürfen nur von entsprechend geschultem Personal ausgeführt werden. Nach jeder Änderung ist eine komplette Sicht-, Hör-, Funktions- und Wirkungsprüfung der gesamten Bremsanlage durchzuführen.

8.1 Brems- und Druckluftleitungen

Alle Bremsleitungen zur Federspeicherbremse sind nach DIN 14502 Teil 2 ‚Feuerwehrfahrzeuge Allgemeine Anforderungen' korrosions- und hitzebeständig. Hier werden nochmals die wichtigsten Grundsätze dargestellt, die bei der Verlegung von Luftleitungen gelten.

8.1.1 Grundsätze

- Polyamidrohre (= PA-Rohre) sind unbedingt:
  - von Heizquellen fernzuhalten
  - scheuerfrei zu verlegen
  - spannungsfrei
  - und ohne Knick zu verlegen.
- Es dürfen nur PA-Rohre nach MAN-Norm M3230 Teil 1 verwendet werden. Diese Rohre sind - der Norm entsprechend - alle 350 mm mit einer Nummer gekennzeichnet, die mit ‚M3230' beginnt.
- Vom Luftpresser zum Lufttrockner bzw. Druckregler sind Edelstahlrohre vorgeschrieben.
- Leitungen bei Schweißarbeiten durch Ausbauen schützen, Schweißarbeiten siehe auch Kapitel ‚Fahrgestelle ändern', Abschnitt ‚Schweißen am Rahmen'.
- Wärmeeinwirkungen: Hitzestau in gekapselten Bereichen beachten. Ein Anliegen der Leitungen an Wärmeabschirmblechen ist nicht zulässig (Mindestabstand zu Wärmeabschirmblechen ≥ 100 mm, zum Auspuff > 200 mm).
- Wegen der möglichen Wärmeentwicklung dürfen PA-Rohre nicht an Metallrohren oder -haltern befestigt werden, die mit folgenden Aggregaten verbunden sind:
  - Motor
  - Luftpresser
  - Heizung
  - Kühler
  - Hydraulik.

8.1.2 Steckverbinder, Übergang auf das System Voss 232

Bei Brems-/ Luftleitungen sind nur Steckverbinder nach Tabelle 37 zulässig. Die genannten Normen geben ausführliche Verarbeitungshinweise und sind für die Montage von pneumatischen Leitungen und Aggregaten verbindlich anzuwenden. Bezugsmöglichkeit der genannten MAN-Normen besteht für Aufbauhersteller über Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber"). Beginnend mit TGA werden alle Fahrzeugbaureihen ab April 2000 auf das Stecksystem Voss 232 umgestellt, dessen Unterschiede zum System 230 im Nachfolgenden erklärt werden.

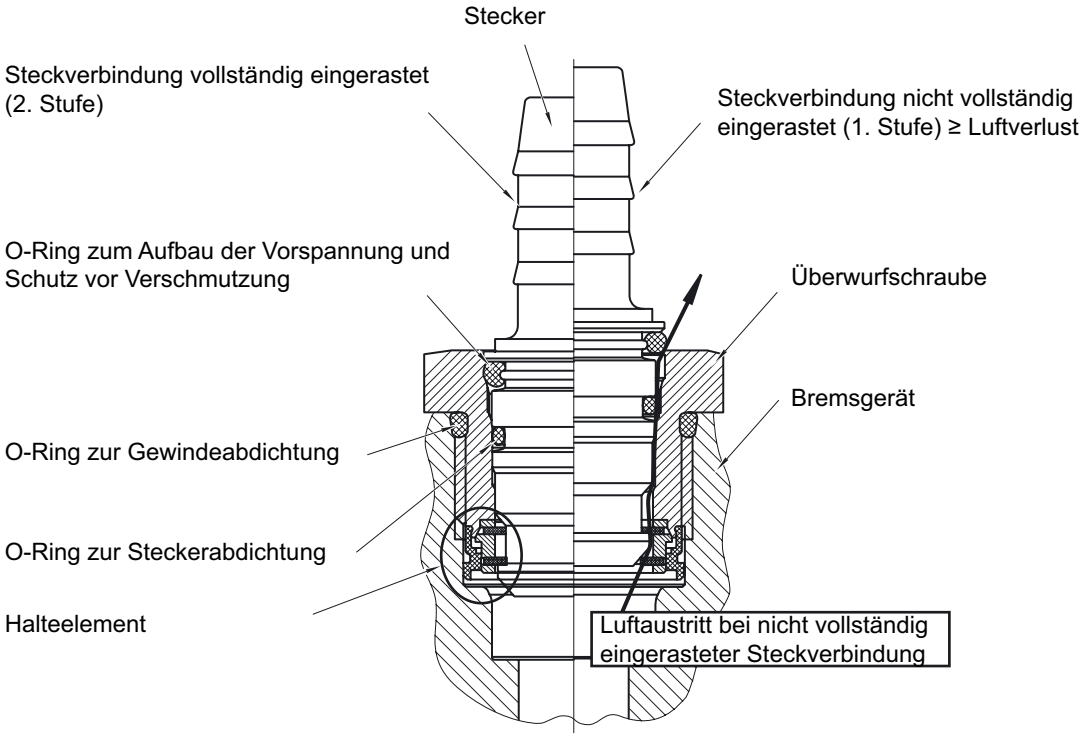
Tabelle 37: Voss Verbindungssysteme und Verwendungszweck, Behandlung der Verbinder des Systems Voss 232 (Funktion und Bauelemente siehe auch Bild 97):

Verbindungssystem	MAN-Norm	Verwendungszweck
Voss 203	M3061 Teil 3	Luftversorgung für kleine Rohre 4x1 und 6x1, alle Typen
Voss 230	M3061 Teil 2	Luftversorgung L2000, M2000L, M2000M, F2000, E2000
		seit April 2000 ersetzt durch Voss 232
Voss 232	M3298	Luftversorgung TGA, **alle Baureihen wurden ab April 2000 auf Voss 232 umgestellt**

Das System hat zwei Raststufen. Wenn der Stecker nur in der ersten Stufe eingerastet ist, ist die Verbindung beim System 232 gewollt undicht, eine unkorrekte Steckerrastung ist sofort an der Geräuschentwicklung erkennbar.

- Das System muss beim Herausdrehen der Überwurfschraube drucklos sein.
- Nach dem Lösen der Verbindung Stecker/ Überwurfschraube muss die Überwurfschraube erneuert werden, da das Halteelement beim Lösen der Verbindung zerstört wird.
- Deshalb ist zum Lösen der Verbindung einer Leitung an einem Aggregat die Überwurfschraube herauszudrehen. Das Kunststoffrohr bildet mit Stecker, Überwurfschraube und Halteelement eine wieder verwendbare Einheit. Nur der O-Ring zur Gewindeabdichtung (siehe Bild 97) muss gegen einen neuen ausgetauscht werden (der O-Ring ist zu fetten, die Überwurfschraube zu säubern).
- Die oben beschriebene Einheit der Steckverbindung ist handfest in das Aggregat einzuschrauben und anschließend mit 12 ± 2 Nm in Metall bzw. 10 + 1 Nm in Kunststoff festzuziehen.

Bild 97: Voss System 232, Funktionsprinzip ESC-174



- Werden bestehende Stecker des Systems Voss 230 durch das System Voss 232 ersetzt, muss auch die Überwurfschraube im Aggregat ausgetauscht werden. Falls sich noch ein Federelement des Systems 230 im Aggregat befindet, ist es zu entfernen, die Überwurfschraube nach System 232 kann dann problemlos verwendet werden.
- Soll in eine Kupplungseinheit des Systems 232 ein Stecker des Systems 230 eingesteckt werden, muss die Überwurfschraube des Systems 232 gegen eine Überwurfschraube des Systems 230 ausgetauscht werden.

8.1.3 Verlegung und Befestigung von Leitungen

Grundsätze der Leitungsverlegung:

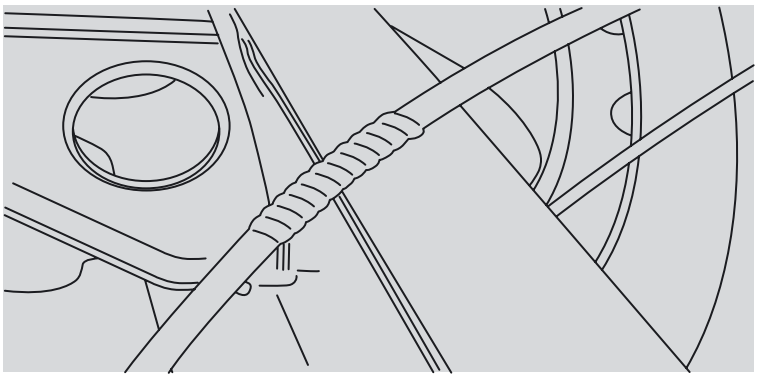
- Eine lose Verlegung von Leitungen ist nicht zulässig, vorgesehene Befestigungsmöglichkeiten und/ oder Rohre sind zu verwenden.
- Kunststoffrohre beim Verlegen nicht erwärmen, auch dann nicht wenn Rohre in Bögen verlegt werden müssen.
- Bei der Rohrbefestigung ist darauf zu achten, dass ein Verdrehen der PA-Rohre ausgeschlossen ist.
- Am Bogenanfang und -ende je eine Rohrschelle oder bei Rohrbündeln je einen Kabelbinder anbringen.
- Kabelbaumwellrohre werden im Rahmen auf Kunststoffkonsolen und im Motorbereich auf vorbereiteten Kabeltrassen mit Rasterbändern aufgebunden oder mittels Clip-Technik befestigt.
- Niemals mehrere Leitungen an einer Schelle befestigen.
- Es dürfen nur PA-Rohre (PA = Polyamid) nach DIN 74324 Teil 1 oder MAN-Norm M3230 Teil 1 (Erweiterung der DIN 74324 Teil 1) verwendet werden.
- Auf die verlegte Länge bei PA-Rohren 1% Längenzugabe geben (entspricht 10mm je Meter Kabellänge), weil Kunststoffrohre sich bei Kälte zusammenziehen und eine Gebrauchsfähigkeit bis -40°C gegeben sein muss.
- Bei Brems-/ Luftleitungen sind nur Steckverbinder nach Tabelle 38 zulässig, die genannten Normen geben ausführliche Verarbeitungshinweise und sind bei Bremsanlagen verbindlich anzuwenden, Bezugsmöglichkeit für MAN-Normen besteht über Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber“)

Tabelle 38: Voss Verbindungssysteme und Verwendungszweck

Verbindungssystem	MAN-Norm	Verwendungszweck
Voss 230	M3061 Teil 2	Luftversorgung L2000, M2000L, M2000M, F2000, E2000
Voss 232	M3298	Luftversorgung TGA
Voss 203	M3061 Teil 3	Luftversorgung für kleine Rohre 4x1 und 6x1, alle Typen

- Ein Erwärmen von Rohren bei der Verlegung ist unzulässig.
- Zum Kürzen von Kunststoffrohren muss eine Kunststoffrohr-Abschneidezange verwendet werden, da ein Absägen zu unzulässiger Gratbildung an der Schnittfläche und Spanbildung im Rohr führt.
- PA-Rohre dürfen an Rahmenkanten bzw. in Rahmendurchbrüchen anliegen. Eine minimale Abflachung am PA-Rohr (max. 0,3 mm tief) an den Berührungsstellen kann toleriert werden. Kerbartige Anscheuerungen sind jedoch nicht zulässig.
- Die Berührung von PA-Leitungen untereinander ist erlaubt. Es entsteht an der Berührungsstelle eine minimale gegenseitige Abflachung.
- PA-Leitungen dürfen parallel (nicht über Kreuz) mit Rasterband gebündelt werden. PA- und Wellrohre sind sortenrein zu bündeln. Die Einschränkung der Beweglichkeit durch den Aussteifungseffekt ist zu beachten.
- Das Abdecken von Rahmenkanten mit einem aufgeschnittenen Wellrohr ist schädlich, das PA-Rohr wird an der Berührungsstelle mit dem Wellrohr angegriffen.
- Punktförmige Auflagen an Rahmenschnittkanten können mit einer sog. ‚Schutzspirale‘ geschützt werden (siehe Bild 98). Die Schutzspirale muss das zu schützende Rohr stramm und in seinen Windungen geschlossen fassen. (Ausnahme: PA-Leitungen ≤ 6 mm).

Bild 98: Schutzspirale auf PA-Rohr



- Berührung von PA-Leitungen/ PA-Wellrohren mit Aluminiumlegierungen z.B. Alu-Tank, Kraftstofffiltergehäuse) ist nicht erlaubt, da Aluminiumlegierungen mechanisch abgetragen werden (Brandgefahr).
- Kreuzende, pulsierende Leitungen (z.B. Kraftstoff) dürfen am Kreuzungspunkt nicht mit einem Rasterband zusammengebunden werden (Scheuergefahr).
- An Einspritzleitungen und kraftstoffführenden Stahlleitungen für Flammstartanlage dürfen keine Leitungen festgerastet werden (Scheuergefahr, Brandgefahr).
- Mitgeführte Zentralschmierungs- und ABS-Sensorkabel dürfen an Luftschläuchen nur mit Distanzgummi angerastert werden.
- An Kühlmittel- und Hydraulikschläuchen (z.B. Lenkung) darf nichts angerastert werden (Scheuergefahr).
- Anlasserkabel dürfen auf keinen Fall mit kraftstoff- oder ölführenden Leitungen gebündelt werden, da Scheuerfreiheit bei der Pluspol-Leitung oberstes Gebot ist!
- Wärmeeinwirkungen: Hitzestau in gekapselten Bereichen beachten. Ein Anliegen der Leitungen an Wärmeabschirmblechen ist nicht zulässig (Mindestabstand zu Wärmeabschirmblechen ≥ 100 mm, zum Auspuff ≥ 200 mm)
- Metallleitungen sind vorverfestigt und dürfen weder gebogen noch so montiert werden, dass sie sich im Betrieb verbiegen können.

Falls Aggregate/ Bauteile zu einander beweglich gelagert sind, dann müssen beim Übertritt der Leitungen folgende Grundsätze beachtet werden:

- Die Leitung muss der Bewegung des Aggregates problemlos folgen können, dafür ist auf ausreichende Spielräume zu bewegten Teilen zu achten (Ein- und Ausfederung, Lenkeinschlag, Fahrerhauskippen). Eine Dehnung von Leitungen ist nicht zulässig.
- Der jeweilige Anfangs- und Endpunkt der Bewegung ist als feste Spannstelle exakt zu definieren. Das PA- oder Well-Rohr wird in der Spannstelle stramm mit einem möglichst breiten Rasterband oder einer an den Durchmesser des Rohres angepassten Schelle gefasst.
- Werden PA- und Well-Rohr am gleichen Übergang verlegt, so wird zuerst das steifere PA-Rohr versorgt. Das weichere Well-Rohr wird auf das PA-Rohr aufgerastert.
- Eine Leitung verträgt Bewegungen quer zur Verlegungsrichtung, wobei auf einen ausreichenden Abstand zwischen den Spannstellen zu achten ist. (Faustformel: Abstand der Spannstellen ≥ 5 x der zu überbrückenden Bewegungsamplitude)
- Große Bewegungsamplituden überbrückt man am besten mit einer U-förmigen Verlegung und einem Bewegungsablauf längs der U-Schenkel:

Faustformel für die minimale Länge der Bewegungsschleife:
minimale Länge der Bewegungsschleife = 1/2 • Bewegungsamplitude • Mindestradius • π

- Folgende Mindestradien sind bei PA-Rohren zu beachten (der jeweilige Anfangs- und Endpunkt der Bewegungsstrecke ist als feste Spannstelle exakt zu definieren):

Tabelle 39: Mindestradien bei PA-Rohren

Nenn-Ø [mm]	4	6	9	12	14	16
Radius ≥ [mm]	20	30	40	60	80	95

- Zur Befestigung der Leitungen Schellen aus Kunststoff verwenden, maximalen Schellenabstand nach Tabelle 40 beachten.

Tabelle 40: Maximaler Schellenabstand in Abhängigkeit der Rohrgröße

Rohrgröße	4x1	6x1	8x1	9x1,5	11x1,5	12x1,5	14x2	14x2,5	16x2
Schwellenabstand [mm]	500	500	600	600	700	700	800	800	800

8.1.4 Druckluftverlust

Druckluftanlagen können keinen 100%-igen Wirkungsgrad bieten, dazu gehört auch, dass leichte Leckagen oft, trotz gewissenhafter Auslegung, unvermeidlich sind. Die Frage ist, welcher Druckluftverlust unvermeidlich ist und welcher zu hoch ist. Vereinfacht ist jeder Druckluftverlust zu vermeiden, der innerhalb einer Frist von 12 Stunden nach Abstellen eines Fahrzeugs dazu führt, dass nicht sofort nach dem Anlassen des Motors gefahren werden kann. Davon abgeleitet gibt es zwei alternative Methoden um festzustellen, ob ein Luftverlust unvermeidlich ist oder nicht:

- Innerhalb von 12 Stunden nach Befüllung bis zum Abschaltdruck darf in keinem Kreis ein Druck < 6 bar sein. Die Prüfung ist mit nicht belüfteten Federspeichern, also mit eingelegter Feststellbremse durchzuführen.
- Innerhalb von 10 Minuten nach Befüllung bis zum Abschaltdruck darf der Druck im zu prüfenden Kreis um höchstens 2% gefallen sein.

Ist der Luftverlust größer als oben beschrieben, dann ist eine unzumutbare Leckage vorhanden, die abgestellt werden muss.

8.2 Anschließen von Nebenverbrauchern

Die Druckluft für Nebenverbraucher darf nur aus dem Leitungssystem des Anschlusses 24 am Vierkreisschutzventil entnommen werden (Positions-Nr. G4.X in den Funktionsplänen, siehe Bild 100 und Bild 101). Für jeden zusätzlichen Verbraucher mit einem pneumatischen Anschluss > NG6 (6x1 mm) ist ein eigenes Überströmventil vorzusehen, nicht aber für die Druckluftbetätigung einer zusätzlichen Dauerbremse, siehe Kapitel 8.4 ‚Dauerbremsen'.

MAN schließt auch eigene Nebenverbraucher am Anschluss 24 des Vierkreisschutzventils an, siehe Tabelle 41.
Es ist dann eine Verteilerkupplung (Bild 99) vorhanden, an deren Anschluss 52 aufbauseitige Luftverbraucher angeschlossen werden können. Am Verteiler dürfen die Anschlüsse 61, 62, 63 und 64 nicht benutzt werden, da diese für die Betriebsbremse reserviert sind. Nicht verwendete Anschlüsse sind dicht zu verschließen (Verschlussschrauben/ Verschlussstecker des jeweiligen Voss-Systems verwenden).

Tabelle 41: Anschlüsse am Verteiler 10-fach

Verteiler sh.	Verwendungszweck	Nenngröße (NG) Voss Steckverbinder	Druckluftkreis Anschluss
51	Getriebe, Kupplung, Intarder	NG12	Kreis IV Anschluss 24
52	aufbauseitige Nebenverbraucher	NG12	
53	Zuleitung Vierkreisschutzventil Anschl. 24	NG12	
54	Anhängekupplung, sonstige Abgänge	NG8	
55	Luftfederung Fahrerhaus, sonst. Abgänge bei Fahrzeugen ohne lufgefedertem Fhs.	Gewinde 9mm Rohr: DIN 74324 / DIN 73378	
56	Motorbremsbetätigung	NG8	
61	reserviert für Bremskreis I keinesfalls Nebenverbraucher anschließen	NG12	Kreis I Anschluss 21
62		NG12	
63		NG12	
64		NG12	

Bild 99: Verteilerkupplung für Druckluft mit 10 Anschlüssen ESC-175

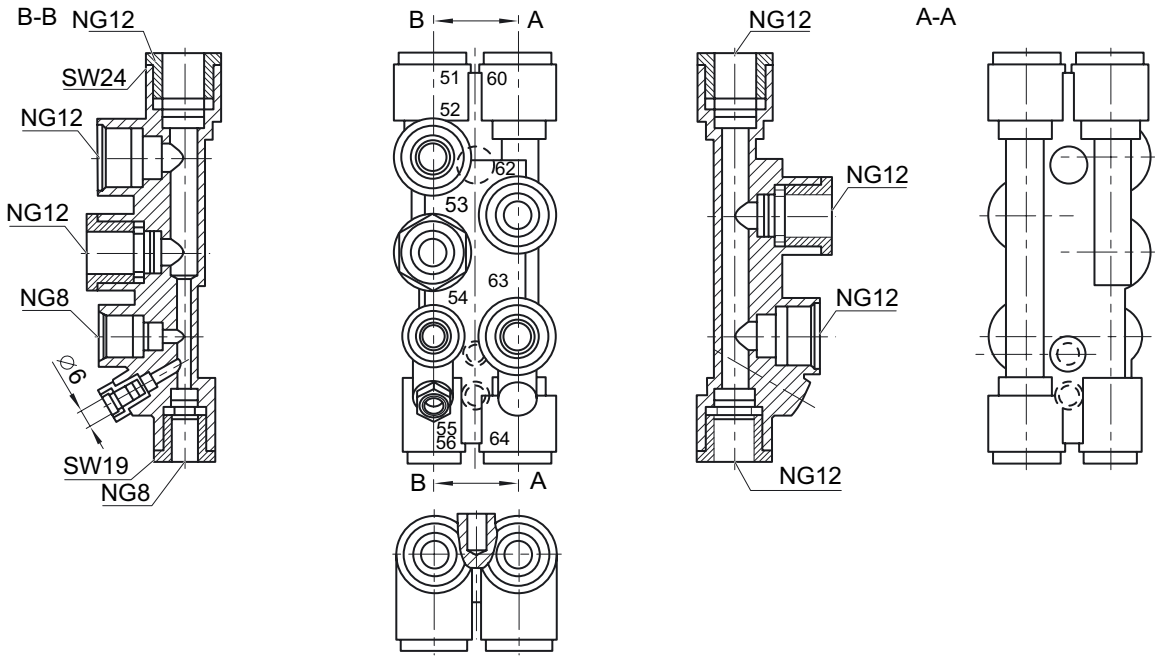
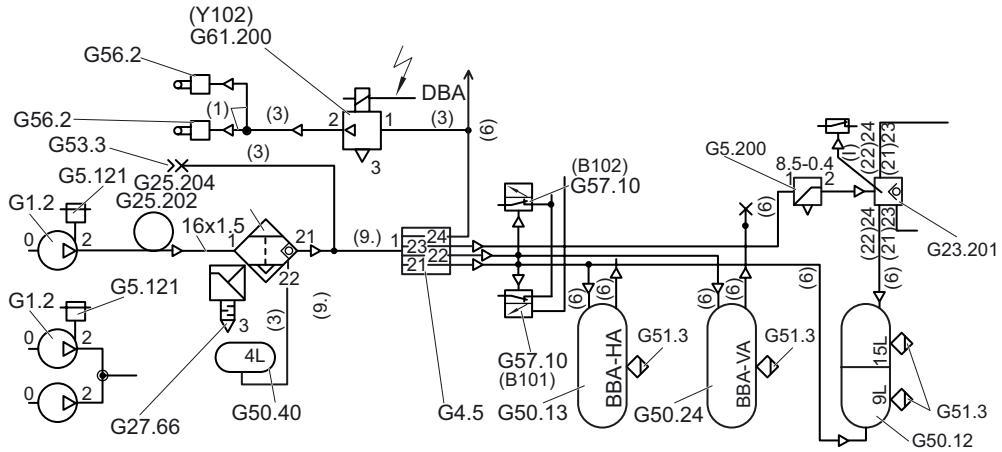


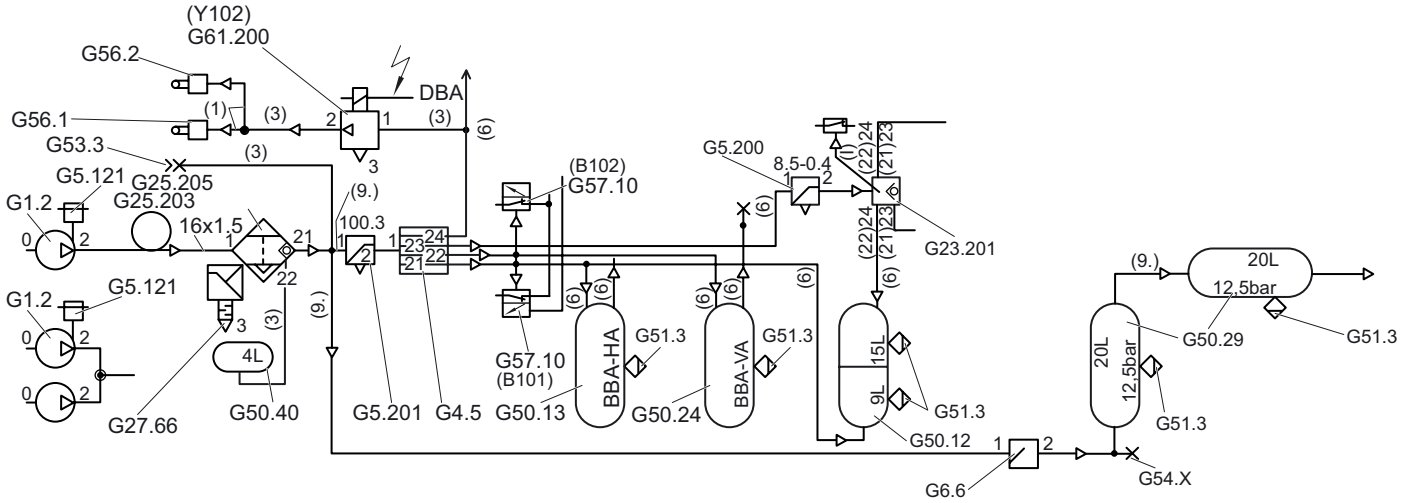
Bild 100 und Bild 101 zeigen Ausschnitte aus Funktionsplänen der Bremsanlage, der Anschluss für aufbauseitige Nebenverbraucher ist mit dem Hinweis „weitere Nebenverbraucher“ gekennzeichnet.

Bild 100: Ausschnitt Funktionsplan Bremsanlage Blattfederung ESC-176



DRUCKREGLER		4-Kr.-Sch.-Vent. Kreis	1	2	3	4
Abschaltdruck (bar)	10 ± 0,2	Sicherungsdruck (bar)	6,9 - 0,3		7,0 - 0,3	6,9 - 0,3
Schaltspanne (bar)	1 + 0,5	Schliessdruck (bar)	stat. ≥ 4,5 / dyn. ≥ 5,0			

Bild 101: Ausschnitt Funktionsplan Bremsanlage Luftfederung ESC-177



DRUCKREGLER		4-Kr.-Sch.-Vent. Kreis	1	2	3	4
Abschaltdruck (bar)	12,5 ± 0,2	Sicherungsdruck (bar)	6,9 - 0,3		7,0 - 0,3	6,9 - 0,3
Schaltspanne (bar)	1,3 + 0,7	Schliessdruck (bar)	stat. ≥ 4,5 / dyn. ≥ 5,0			

8.3 Einstellen der ALB

Die automatisch lastabhängige Bremsanlage (ALB) wird ab Werk für das Fahrgestell eingestellt.
Nach der Aufbaumontage ist die Einstellung zu prüfen und gegebenenfalls anhand der Werte des ALB-Schilds zu korrigieren.

Bei Hinterachse(n) mit Blattfederung muss die Ersatzteilnummer der Hinterfeder auf dem ALB-Schild aufgelistet sein.
Eine Kontrolle der Übereinstimmung von Hinterfeder und Federnummer auf dem ALB-Schild ist erforderlich.
Ein anderes ALB-Schild mit entsprechender Neueinstellung ist erst dann nötig, wenn Hinterfedern mit anderer Federcharakteristik eingebaut werden. Durch den Aufbau von heckseitigen Aggregaten mit Erhöhung der Leerachlast der Hinterachse(n) wie z.B. Ladekränen, Ladebordwänden usw. ist keine Neueinstellung der ALB oder ein Austausch des ALB-Schilds erforderlich.

8.4 Dauerbremsen

Die im Lkw eingebauten Radbremsen sind nicht als Dauerbremse ausgelegt, weil längere Benutzungszeit (z.B. beim Bergabfahren) zu thermischer Überlastung führen kann. Folge ist ein Nachlassen der Bremswirkung, „Fading“ genannt. Der Gesetzgeber schreibt deshalb vor, dass ab einem bestimmten Gesamtgewicht eine Dauerbremse eingebaut sein muss. Beim serienmäßigen Lkw ist dies die Motorbremse, in Form der Auspuffklappenbremse. MAN bietet als zweite Motorbremse zusätzlich die **EVB** (**E**xhaust **V**alve **B**rake= Auslassventilbremse) an. Sie wird gemeinsam mit der Auspuffklappenbremse betätigt und erhöht die Dauerbremswirkung.

Um noch höhere Dauerbremswirkungen zu erzielen, können weitere, von MAN angebotene Retarder (= Verlangsamer) ab Werk im Lkw eingebaut werden. Diese Dauerbremsen sind wie Motorbremse und EVB ohne Verschleiß.

Ab Werk sind hydrodynamische Retarder erhältlich, die je nach Bauart

- Primärretarder oder
- Sekundärretarder

sind, Erklärung siehe Kapitel 8.4.1 „Hydrodynamische Retarder“.

Die Nachrüstung ist u.U. möglich, jedoch sehr aufwendig. Untenstehende Hinweise sind zu beachten.

Nachgerüstet werden:

- hydrodynamische Sekundärretarder (hauptsächlich Fabrikat Voith im Gelenkwellenstrang)
- Wirbelstrombremsen.

8.4.1 Hydrodynamische Retarder

Der hydrodynamische Retarder benutzt als Strömungsmittel Öl. Das Öl wird durch die Zentrifugalkraft nach außen gedrückt und in den Stator geleitet. Durch Reibung wird die Bewegungsenergie in thermische Energie umgewandelt. Das erwärmte Öl wird durch einen Wärmetauscher geleitet und dieser führt die Wärmeenergie an die Umgebung oder an das Motorkühlwasser ab.

Unterschieden werden Primär- und Sekundärretarder:

Der **Primärretarder** ist im Antriebsstrang vor dem Getriebe angeordnet - im Bremsfall erfolgt der Kraftfluss über die Antriebsachsen und das Getriebe. Damit ist die Bremswirkung des Primärretarders abhängig von Motordrehzahl und eingelegtem Gang, jedoch unabhängig von der Geschwindigkeit des Fahrzeugs.

Der **Sekundärretarder** hingegen ist am Getriebeausgang bzw. im Gelenkwellenstrang angeordnet.
Der Kraftfluss erfolgt im Bremsfall ausschließlich über die Antriebsachsen zum Retarder.
Die Bremswirkung eines Sekundärretarders ist abhängig von der Übersetzung der Antriebsachsen und der Geschwindigkeit, während keine Abhängigkeit zum eingelegten Gang besteht.

MAN kann ab Werk folgende hydrodynamische Retarder liefern

- Primärretarder:
  - in den Automatikgetrieben ZF 5HP... bzw. 6HP... zwischen Drehmomentwandler und Planetengetriebe integriert
  - bei Getrieben mit Wandlerschaltkupplung WSK zwischen Drehmomentwandler und Schaltkupplung integriert
- Sekundärretarder
  - Voith Typ 115 an den Getrieben Eaton RTO.... und RTSO...
  - ZF-Intarder an den Getrieben ZF16S... (siehe auch Heft ‚Nebenabtriebe').

Alle Retarder sind im jeweiligen Getriebe bzw. in der WSK integriert, dies betrifft auch den Kühlkreislauf und bei ZF den gemeinsamen Ölhaushalt mit dem Getriebe.

Der nachträgliche Anbau ist im Prinzip möglich, jedoch sehr aufwendig und wirtschaftlich sinnvoll nur in Verbindung mit einem Getriebetausch durchführbar. Nachgerüstet werden in der Regel Strömungsbremsen mit eigenem Kühlkreislauf wie etwa Voith-Retarder, die meist im Gelenkwellenstrang eingebaut werden.

Beim direkten Anbau eines Retarders an das Getriebe ist neben der Freigabe von MAN auch die Freigabe des Getriebeherstellers einzuholen. Kupplungsabhängige Nebenabtriebe sind nicht anbaubar, wenn ein Retarder am Getriebe nachgerüstet wird (gilt nicht bei integrierten Retardern ab Werk, siehe auch Heft ‚Nebenabtriebe').

Wird eine Druckluftbetätigung des Retarders eingebaut, so darf die Druckluftentnahme nur vom Anschluss 24 an der Stelle erfolgen, von der auch die Motorbremse ihre Druckluft bezieht, ein Überströmventil darf in diesem Fall nicht eingebaut werden. Keinesfalls zulässig ist das Anschließen in die Kreise der Betriebs- oder der Feststellbremsanlage.
Der zusätzliche Einbau eines Luftkessels ist unter Umständen notwendig.

Der Einbau eines Retarders in ein Antriebssystem kann zu erheblichen Veränderungen des Schwingungsverhaltens des Gesamtsystems führen. Beim nachträglichen Einbau ist unbedingt darauf zu achten, dass schädliche Schwingungen nicht in das Antriebssystem gelangen.

Bei Fahrzeugen mit ABS ist sicherzustellen, dass sich der Retarder während eines ABS-Regelvorgangs abschaltet.
Die Hersteller der ABS-Systeme definieren die Anschlussmöglichkeiten, deshalb wird zur Retardernachrüstung auch eine Genehmigung des ABS-Herstellers vorausgesetzt.

Beim Einbau von Retardern in den Gelenkwellenstrang ist auf einen maximalen Beugewinkel zu achten. Der maximale Beugewinkel jeder Kardanwelle des Triebstrangs darf im beladenen Zustand höchstens 7° betragen, eine Toleranz von + 1° ist zulässig (Gelenkwellen siehe auch Kapitel ‚Fahrgestelle ändern').

8.4.2 Wirbelstrombremsen

An einer feststehenden Scheibe (Stator) sind Erregerspulen befestigt. Auf der durchgehenden Antriebswelle ist beiderseits des Stators je eine rotierende Scheibe (Rotor) angeordnet. Zur besseren Wärmeabfuhr sind Kühlrippen vorhanden. Die Spulen werden zum Bremsen mit einem Erregerstrom gespeist. Durch das Rotieren der Bremsscheiben im magnetischen Feld werden Wirbelströme induziert, die ein Bremsmoment erzeugen. Dessen Größe ist von der Erregung der Statorspulen und der Drehzahl der Bremsscheiben (Rotoren) abhängig. Der Erregerstrom wird dem Fahrzeugbordnetz entnommen.

Der Einbau von Wirbelstrombremsen ist im Einzelfall mit Abteilung ESC (Anschrift siehe oben unter „Herausgeber") abzustimmen, er ist ausschließlich mit aktueller schriftlicher Genehmigung zulässig.

Eine Aussicht auf Genehmigung besteht nur dann, wenn folgende Punkte vom Hersteller der Bremse (nicht von der einbauenden Werkstatt oder vom Aufbauhersteller) nachgewiesen werden:

- Beim Einbau am Getriebeende:
  - Freigabe des Getriebeherstellers
  - Abstützung mit spannungsfreier Lagerung des Retarders, eine dieser Anforderung genügende Einbauanweisung/ Produktdokumentation (siehe unten) muss vorhanden sein.
  - beim Reihenfünfzylinder ist kein Einbau am Getriebe zulässig.
- Einbau in den Gelenkwellenstrang:
  - Nachweis, dass die Wirbelstrombremse für das maximal auftretende Drehmoment im Antriebsstrang ausgelegt ist
  - die Gewichtskraft der Bremse und die Gelenkwellenblindmomente sind durch geeignete, spannungsfrei montierte Querträger aufzunehmen
  - der maximale Beugewinkel jeder Kardanwelle des Triebstrangs darf im beladenen Zustand höchstens 7° betragen, eine Toleranz von +1° ist zulässig (Gelenkwellen siehe auch Kapitel ‚Fahrgestelle ändern')
  - für die Temperaturbelastung in den Zapfenkreuzlagern ist die Freigabe des Gelenkkreuzherstellers erforderlich
  - bei L2000 4x2 sind ausschließlich Leichtbaugelenkwellen zulässig, jegliche Änderung darf nur vom Hersteller Eugen Klein KG durchgeführt werden.
- Elektrik/ Elektronik
  - Beachtung der Hinweise im Kapitel 6 ‚Elektrik', Leitungen'
  - der größtmögliche Generator (28V 80 A 2240 W) und Batterien größerer Kapazität (140 Ah bei L2000, 180 Ah bei allen anderen Fahrzeugen) müssen vorhanden sein oder eingebaut werden
  - wasserdichter Steuerkasten des Retarders (Schutzart IP69K)
  - Absicherung des Laststroms mit geeigneter Sicherung
  - Kennzeichnung der Leitungsanschlüsse am Retarder, um Verwechslungen auszuschließen
  - ausreichend dimensionierte Kabelquerschnitte, mindestens nach Heft ‚Elektrik', Leitungen'
  - automatische Abschaltung des Retarders im ABS-Regelfall, die Zugangsmöglichkeit an das jeweilige Steuergerät ist durch den Hersteller des ABS-Systems zu bescheinigen
  - Unterspannungsschutz durch automatische Retarderabschaltung bei ≤ 20V Bordnetzspannung
  - elektromagnetische Verträglichkeit (EMV): Nachweis der MAN-EMV-Norm M3285, mindestens aber 72/245/EWG mit Ergänzung 95/54/EWG (wird ab 2002 EU-weite Mindestanforderung für alle elektrischen/ elektronischen Aggregate im Fahrzeugbordnetz). Der Hersteller der Wirbelstrombremse muss in jedem Fall gewährleisten, dass die EMV-Standards für Aggregate, die in MAN Fahrzeuge eingebaut werden, erfüllt sind.
- Pneumatische Beschaltung
  - Druckluftentnahme nur vom Anschluss 24 an der Stelle, von der auch die Motorbremse ihre Druckluft bezieht, ein Überströmventil darf nicht eingebaut werden. Unzulässig ist das Anschließen in die Kreise der Betriebs- oder der Feststellbremsanlage. Der zusätzliche Einbau eines Luftkessels ist unter Umständen notwendig.
- Schutz vor hohen Temperaturen
  - ausreichender Wärmeschutz zu elektrischen-, pneumatischen- und Kraftstoffleitungen, z.B. mit Wärmeabschirmblechen, Temperatur an Leitungen und Aggregaten ≤ 90°C.
- bei Gefahrguttransport
  - Ersetzen der Bremsleitungen aus Kunststoff durch Stahlleitungen in, vor und hinter der Wirbelstrombremse
  - Ausrüstung der Elektrik der Wirbelstrombremse entsprechend der jeweiligen Vorschriften
  - Nachweis der Dauerbremswirkung des Retarders entsprechend der jeweiligen Vorschriften
  - das erforderliche Gutachten hat der Hersteller der Wirbelstrombremse zu besorgen.
- Wartung, Qualitätssicherung, Produktdokumentation
  - ausreichender Service durch eigene Wartungsvorschriften, Ersatzteile, Werkzeuge und Diagnosegeräte
  - ausreichende Produktdokumentation mit Nennung der D-Teile (= dokumentationspflichtige Sicherheitsteile, die nicht verändert werden dürfen)
  - Führen von Aufzeichnungen die den Zusammenhang zwischen Fahrzeug (Fahrzeugidentifikationsnummer) und Retarder herstellen (z.B. Typ und Seriennummer). Diese Aufzeichnungen müssen in regelmäßigen Abständen MAN zur Verfügung gestellt werden.

Auch eine erteilte Genehmigung bedeutet nicht, dass MAN für die Folgen aus dem Einbau von Wirbelstrombremsen haftet. Es besteht in jedem Fall Gewährleistung und Produkthaftung durch den Hersteller der Bremse, dessen Vertreiber oder das einbauende Unternehmen.

9. Berechnungen

9.1 Geschwindigkeit

Zur Ermittlung der Fahrgeschwindigkeit aufgrund der Motordrehzahl, Reifengröße und Gesamtübersetzung gilt allgemein:

Formel 24: Geschwindigkeit

$$v = \frac{0{,}06 \cdot n_{Mot} \cdot U}{i_G \cdot i_v \cdot i_A}$$

Es bedeuten:

v	=	Fahrgeschwindigkeit in [km/h]
n_{Mot}	=	Motordrehzahl in [1/min]
U	=	Abrollumfang des Reifens in [m]
I_g	=	Getriebeübersetzung
i_V	=	Verteilergetriebeübersetzung
i_A	=	Achsübersetzung der Antriebsachse(n)

Für die Ermittlung der theoretischen Höchstgeschwindigkeit (oder auch bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit) wird mit 4% Motordrehzahlüberhöhung gerechnet. Die Formel lautet somit:

Formel 25: Theoretische Höchstgeschwindigkeit

$$v = \frac{0{,}0624 \cdot n_{Mot} \cdot U}{i_G \cdot i_v \cdot i_A}$$

Achtung: Diese Berechnung dient ausschließlich der Ermittlung der theoretische Endgeschwindigkeit die aufgrund der Drehzahl- und Übersetzungsverhältnisse einstellt - die Formel berücksichtigt nicht, dass die tatsächliche Höchstgeschwindigkeit darunter liegt, wenn die Fahrwiderstände den Antriebskräften entgegenwirken. Eine Abschätzung der tatsächlich erreichbaren Geschwindigkeiten, anhand einer Fahrleistungsberechnung bei der sich Luft-, Roll- und Steigungswiderstand einerseits und Vortriebskraft andererseits aufwiegen, ist im Abschnitt 9.8 ‚Fahrwiderstände' nachzulesen. Bei Fahrzeugen mit Geschwindigkeitsbegrenzung nach 92/24/EWG ist die bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit generell 85 km/h.

Beispielrechnung:

Fahrzeug:	Typ T42, 27.414 DFAK
Bereifungsgröße:	295/80 R 22.5
Abrollumfang:	3,185 m
Getriebe:	ZF 16S151 OD
Getriebeübersetzung im langsamsten Gang:	13,80
Getriebeübersetzung im schnellsten Gang:	0,84
minimale Motordrehzahl bei maximalem Motordrehmoment:	900/min
maximale Motordrehzahl:	1.900/min
Verteilergetriebeübersetzung VG 1700/2 im Straßengang:	1,007
Verteilergetriebeübersetzung VG 1700/2 im Geländegang:	1,652
Achsübersetzung:	4,77

Gewünscht wird:

1. Die Minimalgeschwindigkeit im Geländegang bei maximalem Drehmoment

2. Die theoretische Höchstgeschwindigkeit ohne Geschwindigkeitsbegrenzer

Lösung 1:

$$v = \frac{0{,}06 \cdot 900 \cdot 3{,}185}{13{,}8 \cdot 1{,}652 \cdot 4{,}77}$$

$$v = 1{,}58 \text{ km/h}$$

Lösung 2:

$$v = \frac{0{,}0624 \cdot 1900 \cdot 3{,}185}{13{,}8 \cdot 1{,}652 \cdot 4{,}77}$$

v = 93,6 km/h; wird jedoch durch Geschwindigkeitsbegrenzer auf 85km/h festgelegt

9.2 Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis der abgegebenen Leistung zur zugeführten Leistung.
Dabei ist die abgegebene Leistung immer kleiner als die zugeführte Leistung, deshalb ist der Wirkungsgrad η immer < 1 bzw. < 100%.

Formel 26: Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$$

Bei mehreren Aggregaten, die hintereinander geschaltet sind, multiplizieren sich die Einzelwirkungsgrade.

Beispielrechnung Einzelwirkungsgrad:

Wirkungsgrad einer Hydraulikpumpe η = 0,7. Benötigte, also abgeführte Leistung P_{ab} = 20 kW.
Wie groß ist die zugeführte Leistung P_{zu}?

Lösung:

$$P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta}$$

$$P_{zu} = \frac{20}{0{,}7}$$

$$P_{zu} = 28{,}6 \text{ kW}$$

Beispielrechnung mehrere Wirkungsgrade:

Wirkungsgrad einer Hydraulikpumpe $\eta_1 = 0,7$. Diese Pumpe treibt über ein Gelenkwellensystem mit zwei Gelenken einen Hydraulikmotor an.

Einzelwirkungsgrade:

Hydraulikpumpe:	η_1	=	0,7
Gelenkwelle Gelenk a:	η_2	=	0,95
Gelenkwelle Gelenk b:	η_3	=	0,95
Hydraulikmotor:	η_4	=	0,8

Benötigte, also abgeführte Leistung $P_{ab} = 20$ kW

Wie groß ist die zugeführte Leistung P_{zu}?

Lösung:

Gesamtwirkungsgrad:

$$\eta_{ges} = \eta_1 \bullet \eta_2 \bullet \eta_3 \bullet \eta_4$$

$$\eta_{ges} = 0,7 \bullet 0,95 \bullet 0,95 \bullet 0,8$$

$$\eta_{ges} = 0,51$$

Zugeführte Leistung:

$$P_{zu} = \frac{20}{0,51}$$

$$P_{zu} = 39,2 \text{ kW}$$

9.3 Zugkraft

Die Zugkraft ist abhängig von:

- Motordrehmoment
- Gesamtübersetzung (einschließlich der Räder)
- Wirkungsgrad der Kraftübertragung.

Formel 27: Zugkraft

$$F_z = \frac{2 \bullet \pi \bullet M_{Mot} \bullet \eta \bullet i_G \bullet i_V \bullet i_A}{U}$$

F_Z	=	Zugkraft in [N]
M_{Mot}	=	Motordrehmoment in [Nm]
η	=	Gesamtwirkungsgrad im Antriebsstrang, Anhaltswerte siehe Tabelle 43
i_G	=	Getriebeübersetzung
i_V	=	Verteilergetriebeübersetzung
i_A	=	Achsübersetzung der Antriebsachse(n)
U	=	Abrollumfang des Reifens in [m]

Beispiel für Zugkraft siehe 9.4.3 Berechnung der Steigfähigkeit.

9.4 Steigfähigkeit

9.4.1 Weg bei Steigung oder Gefälle

Die Steigfähigkeit eines Fahrzeugs wird in % angegeben. So bedeutet z. B. die Angabe 25%, dass auf einer waagrechten Länge l = 100 m eine Höhe h = 25 m überwunden wird. Dies gilt entsprechend angewandt auch für Gefälle.
Die tatsächlich gefahrene Wegstrecke c errechnet sich dann mit:

Formel 28: Wegstrecke bei Steigung oder Gefälle

$$c = \sqrt{l^2 + h^2} = l \cdot \sqrt{1 + \left[\frac{p}{100}\right]^2}$$

c	=	Wegstrecke in [m]
l	=	waagrechte Länge einer Steigung/ eines Gefälles in [m]
h	=	senkrechte Höhe einer Steigung/ eines Gefälles in [m]
p	=	Steigung/ Gefälle in [%]

Beispielrechnung:

Steigungsangabe p = 25%. Wie groß ist die gefahrene Wegstrecke auf einer Länge von 200m?

$$c = \sqrt{l^2 + h^2} = 200 \cdot \sqrt{1 + \left[\frac{25}{100}\right]^2}$$

$c = 206$ m

9.4.2 Steigungs- oder Gefällewinkel

Der Steigungs- oder Gefällewinkel a errechnet sich mit:

Formel 29: Steigungs- oder Gefällewinkel

$$\tan\alpha = \frac{p}{100},\ \alpha = \arctan\frac{p}{100},\ \sin\alpha = \frac{h}{c},\ \alpha = \arcsin\frac{h}{c}$$

a	=	Steigungswinkel in [°]
p	=	Steigung/Gefälle in [%]
h	=	senkrechte Höhe einer Steigung/eines Gefälles in [m]
c	=	Wegstrecke in [m]

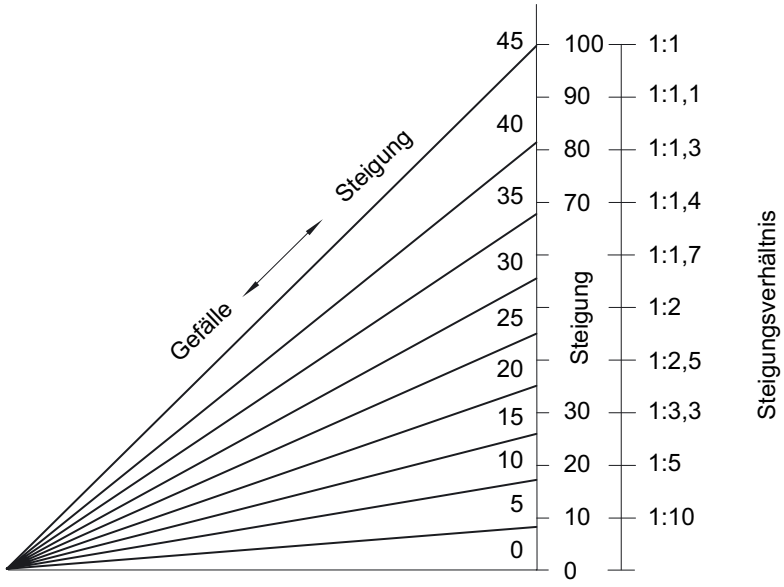
Beispielrechnung:

Steigung 25%. Wie groß ist der Steigungswinkel?

$$\tan\alpha = \frac{p}{100} = \frac{25}{100}$$

$\alpha = \arctan 0{,}25$
$\alpha = 14°$

Bild 102: Steigungsverhältnis, Steigung, Steigungswinkel ESC-171



9.4.3 Berechnung der Steigfähigkeit

Die Steigfähigkeit ist abhängig von:

- Zugkraft (siehe Formel 27)
- Zuggesamtmasse einschließlich Gesamtmasse des Anhängers oder Aufliegers
- Rollwiderstand
- Kraftschluss (Reibung).

Für die Steigfähigkeit gilt:

Formel 30: Steigfähigkeit

$$p = 100 \cdot \left[\frac{F_z}{9{,}81 \cdot G_z} - f_R \right]$$

Es bedeuten:

p	=	Steigfähigkeit [%]
F_z	=	Zugkraft in [N] Berechnung nach Formel 27
G_z	=	Zuggesamtmasse in [kg]
f_R	=	Rollwiderstandsbeiwert siehe Tabelle 42
i_G	=	Getriebeübersetzung
i_A	=	Antriebsachsübersetzung
i_V	=	Verteilergetriebeübersetzung
M_{Mot}	=	Motordrehmoment [Nm]
U	=	Abrollumfang des Reifens [m]
η	=	Gesamtwirkungsgrad im Antriebsstrang siehe Tabelle 43

Die Steigfähigkeit nach Formel 30 ermittelt die Steigfähigkeit die das zu berechnende Fahrzeug aufgrund seiner Eigenschaften

- Motordrehmoment
- Übersetzung von Getriebe, Verteilergetriebe, Achsantrieb und Bereifung
- Zuggesamtmasse hat.

Dabei wird ausschließlich die Fähigkeit des Fahrzeugs betrachtet aufgrund seiner Eigenschaften eine bestimmte Steigung zu bewältigen. Nicht berücksichtigt wird der tatsächlich vorhandene Kraftschluss zwischen Rädern und Fahrbahn, der bei schlechter (z. B. nasser) Fahrbahn dem Vortrieb weit unter der hier berechneten Steigfähigkeit ein Ende setzen kann. Die Ermittlung der tatsächlichen Verhältnisse aufgrund des vorhandenen Kraftschlusses wird mit Formel 31 diskutiert.

Tabelle 42: Rollwiderstandsbeiwerte

Fahrbahn	Beiwert f_R
gute Asphaltstrasse	0,007
nasse Asphaltstrasse	0,015
gute Betonstrasse	0,008
rauhe Betonstrasse	0,011
Steinpflaster	0,017
schlechte Strasse	0,032
Erdweg	0,15...0,94
loser Sand	0,15...0,30

Tabelle 43: Gesamtwirkungsgrad im Antriebsstrang

Anzahl der angetriebenen Achsen	η
eine angetriebene Achse	0,95
zwei angetriebene Achse	0,9
drei angetriebene Achse	0,85
vier angetriebene Achse	0,8

Beispielrechnung:

Fahrzeug:	Typ T42, 27.414 DFAK		
maximales Motordrehmoment:	M_{Mot}	=	1.850 Nm
Wirkungsgrad bei drei angetriebene Achsen:	η_{ges}	=	0,85
Getriebeübersetzung im langsamsten Gang:	i_G	=	13,80
Verteilergetriebeübersetzung im Straßengang:	i_V	=	1,007
im Geländegang:	i_V	=	1,652
Antriebsachsübersetzung:	i_A	=	4,77
Bereifung 295/80 R 22.5 mit Abrollumfang:	U	=	3,185 m
Zuggesamtmasse:	G_Z	=	100.000 kg
Rollwiderstandsbeiwert:			
- glatte Asphaltstraße	f_R	=	0,007
- schlechte, aufgefahrene Straße	f_R	=	0,032

Gesucht:

Maximale Steigfähigkeit p_f im Straßen- und Geländegang.

Lösung:

1. maximale Zugkraft (Definition siehe Formel 27) im Straßengang:

$$F_z = \frac{2\pi \cdot M_{Mot} \cdot \eta \cdot i_G \cdot i_V \cdot i_A}{U}$$

$$F_z = \frac{2\pi \cdot 1850 \cdot 0{,}85 \cdot 13{,}80 \cdot 1{,}007 \cdot 4{,}77}{3{,}185}$$

$$F_z = 205526\ N \approx 205{,}5\ kN$$

2. maximale Zugkraft (Definition siehe Formel 27) im Geländegang:

$$F_z = \frac{2\pi \cdot M_{Mot} \cdot \eta \cdot i_G \cdot i_V \cdot i_A}{U}$$

$$F_z = \frac{2\pi \cdot 1850 \cdot 0{,}85 \cdot 13{,}80 \cdot 1{,}652 \cdot 4{,}77}{3{,}185}$$

$$F_z = 337170\ N \approx 337{,}2\ kN$$

3. maximale Steigfähigkeit im Straßengang auf guter Asphaltstraße:

$$p = 100 \cdot \left[\frac{F_z}{9{,}81 \cdot G_z} - f_R \right]$$

$$p = 100 \cdot \left[\frac{205526}{9{,}81 \cdot 100000} - 0{,}007 \right]$$

$$p = 20{,}25\%$$

4. maximale Steigfähigkeit im Straßengang auf schlechter, aufgefahrener Straße:

$$p = 100 \cdot \left[\frac{205526}{9{,}81 \cdot 100000} - 0{,}032 \right]$$

$$p = 17{,}75\%$$

5. maximale Steigfähigkeit im Geländegang auf guter Asphaltstraße:

$$p = 100 \cdot \left[\frac{337170}{9{,}81 \cdot 100000} - 0{,}007 \right]$$

$$p = 33{,}67\%$$

6. maximale Steigfähigkeit im Geländegang auf schlechter, aufgefahrener Straße:

$$p = 100 \cdot \left[\frac{337170}{9{,}81 \cdot 100000} - 0{,}032 \right]$$

$$p = 31{,}17\%$$

Anmerkung:

Die genannten Beispiele berücksichtigen nicht, ob die notwendige Zugkraft zur Bewältigung der Steigung aufgrund des Kraftschlusses zwischen Fahrbahn und Antriebsräder (Reibung) übertragen werden kann. Hier gilt nachfolgende Formel:

Formel 31: Steigfähigkeit aufgrund Kraftschluss Fahrbahn-Reifen

$$p_R = 100 \cdot \left[\frac{\mu \cdot G_{an}}{G_z} - f_R \right]$$

Es bedeuten:

p_R	=	Steigfähigkeit aufgrund Reibung in [%]
μ	=	Kraftschlussbeiwert Reifen/ Fahrbahn, bei nasser Asphaltfahrbahn ~ 0,5
f_R	=	Rollwiderstandsbeiwert, bei nasser Asphaltfahrbahn ~ 0,015
G_{an}	=	Summe der Achslasten der Antriebsachsen im Sinne von Massen in [kg]
G_Z	=	Zuggesamtmasse in [kg]

Beispielrechnung:

obiges Fahrzeug:	Typ T42, 27.414 DFAK		
Kraftschlussbeiwert nasse Asphaltstraße:	μ	=	0,5
Rollwiderstandsbeiwert nasse Asphaltstraße:	f_R	=	0,015
Zuggesamtmasse:	G_Z	=	100.000 kg
Summe der Achslasten aller angetrieben Achsen:	G_{an}	=	26.000 kg

$$p_R = 100 \cdot \left[\frac{0{,}5 \cdot 26000}{100000} - 0{,}032 \right]$$

$$p_R = 11{,}5\%$$

9.5 Drehmoment

Wenn Kraft und Wirkabstand bekannt sind:

Formel 32: Drehmoment mit Kraft und Wirkabstand

$$M = F \cdot l$$

Wenn Leistung und Drehzahl bekannt sind:

Formel 33: Drehmoment mit Leistung und Drehzahl

$$M = \frac{9550 \cdot P}{n \cdot \eta}$$

Wenn in der Hydraulik Fördermenge (Volumenstrom), Druck und Drehzahl bekannt sind:

Formel 34: Drehmoment mit Fördermenge, Druck und Drehzahl

$$M = \frac{15{,}9 \cdot Q \cdot p}{n \cdot \eta}$$

Es bedeuten:

M	=	Drehmoment in [Nm]
F	=	Kraft in [N]
l	=	Wirkabstand der Kraft vom Drehpunkt in [m]
P	=	Leistung in [kW]
n	=	Drehzahl in [1/min]
η	=	Wirkungsgrad
Q	=	Volumenstrom in [l/min]
p	=	Druck in [bar]

Beispielrechnung, wenn Kraft und Wirkabstand bekannt sind:

Eine Seilwinde mit F = 50.000N Zugkraft hat einen Trommeldurchmesser von d = 0,3m.
Welches Drehmoment ist ohne Berücksichtigung des Wirkungsgrades vorhanden?

Lösung:

$M = F \cdot l = F \cdot 0{,}5d$ (der Trommelradius ist der Hebelarm)

$M = 50000\ N \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}3\ m$

$M = 7500\ Nm$

Beispiel, wenn Leistung und Drehzahl bekannt sind:

Ein Nebenabtrieb soll eine Leistung von P = 100 kW bei n = 1500/min übertragen.
Welches Drehmoment muss der Nebenabtrieb ohne Berücksichtigung des Wirkungsgrades übertragen können?

Lösung:

$$M = \frac{9550 \cdot 100}{1500}$$

$$M = 637 \text{ Nm}$$

Beispiel, wenn bei einer Hydraulikpumpe Fördermenge (Volumenstrom), Druck und Drehzahl bekannt sind:

Eine Hydraulikpumpe fördert einen Volumenstrom von Q = 80 l/min bei einem Druck von p = 170 bar und einer Pumpendrehzahl von n = 1000/min. Welches Drehmoment ist ohne Berücksichtigung des Wirkungsgrades erforderlich?

Lösung:

$$M = \frac{15{,}9 \cdot 80 \cdot 170}{1000}$$

$$M = 216 \text{ Nm}$$

Soll der Wirkungsgrad berücksichtigt werden, müssen die errechneten Drehmomente jeweils durch den Gesamtwirkungsgrad dividiert werden (siehe auch Abschnitt 9.2 Wirkungsgrad).

9.6 Leistung

Bei Hubbewegung:

Formel 35: Leistung bei Hubbewegung

$$M = \frac{9{,}81 \cdot m \cdot v}{1000 \cdot \eta}$$

Bei Bewegung in der Ebene:

Formel 36: Leistung bei Bewegung in der Ebene

$$P = \frac{F \cdot v}{1000 \cdot \eta}$$

Bei Umdrehungsbewegung:

Formel 37: Leistung bei Umdrehungsbewegung

$$P = \frac{M \cdot n}{9550 \cdot \eta}$$

In der Hydraulik:

Formel 38: Leistung in der Hydraulik

$$P = \frac{Q \cdot p}{600 \cdot \eta}$$

Es bedeuten:

P	=	Leistung in [kW]
m	=	Masse in [kg]
v	=	Geschwindigkeit in [m/s]
η	=	Wirkungsgrad
F	=	Kraft in [N]
M	=	Drehmoment in [Nm]
n	=	Drehzahl in [1/min]
Q	=	Fördermenge (Volumenstrom) in [l/min]
p	=	Druck in [bar]

1. Beispiel - Hubbewegung:

Ladebordwand-Nutzlast inklusive Eigengewicht	m	=	2. 600 kg
Hubgeschwindigkeit	v	=	0,2 m/s

Wie groß ist die Leistung, wenn der Wirkungsgrad nicht berücksichtigt wird?

Lösung:

$$P = \frac{9{,}81 \cdot 2600 \cdot 0{,}2}{1000}$$

$$P = 5{,}1 \text{ kW}$$

2. Beispiel - Bewegung in der Ebene:

Seilwinde	F	=	100.000 N
Seilgeschwindigkeit	v	=	0,15 m/s

Wie groß ist der Leistungsbedarf, wenn der Wirkungsgrad nicht berücksichtigt wird?

$$P = \frac{100000 \cdot 0{,}15}{1000}$$

$$P = 15 \text{ kW}$$

3. Beispiel - Drehbewegung:

Nebenabtriebsdrehzahl	n	=	1.800/min
Zulässiges Drehmoment	M	=	600 Nm

Welche Leistung ist möglich, wenn der Wirkungsgrad nicht berücksichtigt wird?

Lösung:

$$P = \frac{600 \cdot 1800}{9550}$$

$$P = 113 \text{ kW}$$

4. Beispiel - Hydraulik:

Volumenstrom der Pumpe	Q	=	60 l/min
Druck	p	=	170 bar

Wie groß ist die Leistung, wenn der Wirkungsgrad nicht berücksichtigt wird?

Lösung:

$$P = \frac{60 \cdot 170}{600}$$

$$P = 17 \text{ kW}$$

9.7 Nebenabtriebsdrehzahlen am Verteilergetriebe

Läuft der Nebenabtrieb am Verteilergetriebe im wegabhängigen Einsatz, wird seine Drehzahl n_N in Umdrehungen je Meter zurückgelegten Weg angegeben. Sie errechnet sich zu:

Formel 39: Drehzahl je Meter, Nebenabtrieb am Verteilergetriebe

$$n_N = \frac{i_A \cdot i_V}{U}$$

Die Wegstrecke s in zurückgelegte Meter je Umdrehung des Nebenabtriebs (Reziprokwert von n_N) errechnet sich mit:

Formel 40: Weg je Umdrehung, Nebenabtrieb am Verteilergetriebe

$$s = \frac{U}{i_A \cdot i_V}$$

Es bedeuten:

n_N	=	Nebenabtriebsdrehzahl in [1/m]
i_A	=	Antriebsachsübersetzung
i_V	=	Verteilergetriebeübersetzung
U	=	Reifenumfang in [m]
S	=	gefahrene Wegstrecke in [m]

Beispiel:

Fahrzeug:			Typ T34 19.464 FAC
Bereifung 295/80 R 22.5 mit Abrollumfang:	U	=	3,185 m
Antriebsachsübersetzung:	i_A	=	5,26
Verteilergetriebe G1700, Übersetzung im Straßengang:	i_v	=	1,007
Übersetzung im Geländegang:	i_v	=	1,652

Nebenabtriebsdrehzahl im Straßengang:

$$n_N = \frac{5{,}26 \cdot 1{,}007}{3{,}185}$$

$$n_N = 1{,}663/m$$

Dem entspricht ein Weg von:

$$s = \frac{3{,}185}{5{,}26 \cdot 1{,}007}$$

$$s = 0{,}601\ m$$

Nebenabtriebsdrehzahl im Geländegang:

$$n_N = \frac{5{,}26 \cdot 1{,}652}{3{,}185}$$

$$n_N = 2{,}728/m$$

Dem entspricht ein Weg von:

$$s = \frac{3{,}185}{5{,}26 \cdot 1{,}652}$$

$$s = 0{,}367\ m$$

9.8 Fahrwiderstände

Die wichtigsten Fahrwiderstände sind:

- Rollwiderstand
- Steigungswiderstand
- Luftwiderstand.

Ein Fahrzeug kann nur dann fahren, wenn die Summe aller Widerstände überwunden wird. Widerstände sind Kräfte, die sich mit der Antriebskraft die Waage halten (gleichförmige Bewegung) oder kleiner sind als die Antriebskraft (beschleunigte Bewegung).

Formel 41: Rollwiderstandskraft

$$F_R = 9{,}81 \cdot f_R \cdot G_z \cdot \cos\alpha$$

Formel 42: Steigungswiderstandskraft

$$F_S = 9{,}81 \cdot G_z \cdot \sin\alpha$$

Steigungswinkel (= Formel 29 siehe Abschnitt 9.4.2 Steigungs- oder Gefällewinkel)

$$\tan \alpha = \frac{p}{100}, \quad \alpha = \arctan \frac{p}{100}$$

Formel 43: Luftwiderstandskraft

$$F_L = 0{,}6 \cdot c_W \cdot A \cdot v^2$$

Es bedeuten:

F_R	=	Rollwiderstandskraft in [N]
f_R	=	Rollwiderstandsbeiwert, siehe Tabelle 42
G_Z	=	Zuggesamtmasse in [kg]
α	=	Steigungswinkel in [°]
F_S	=	Steigungswiderstandskraft in [N]
p	=	Steigung in [%]
F_L	=	Luftwiderstandskraft in [N]
c_W	=	Luftwiderstandsbeiwert
A	=	Fahrzeugstirnfläche in [m²]
v	=	Geschwindigkeit in [m/s]

Beispiel:

Sattelkraftfahrzeug:	G_Z	=	40.000 kg
Geschwindigkeit:	v	=	80 km/h
Steigung:	p_f	=	3%
Fahrzeug-Stirnfläche:	A	=	7 m²
Rollwiderstandsbeiwert für gute Asphaltstraße:	f_R	=	0,007

Es soll der Unterschied festgestellt werden:

- mit Spoiler, $c_{W1} = 0{,}6$
- ohne Spoiler, $c_{W2} = 1{,}0$

Lösung:

Nebenrechnung 1:

Umrechnung der Fahrgeschwindigkeit von km/h in m/s:

$$v = \frac{80}{3{,}6} = 22{,}22 \text{ m/s}$$

Nebenrechnung 2:

Umrechnung der Steigfähigkeit von % in Grad:

$$\alpha = \arctan \frac{3}{100} = \arctan 0{,}03$$

$$\alpha = 1{,}72°$$

1. Berechnung des Rollwiderstandes:

$$F_R = 9{,}81 \cdot 0{,}007 \cdot 40000 \cdot \cos 1{,}72°$$

$$F_R = 2746\ N$$

2. Berechnung des Steigungswiderstandes:

$$F_S = 9{,}81 \cdot 40000 \cdot \sin 1{,}72°$$

$$F_S = 11778\ N$$

3. Berechnung des Luftwiderstandes F_{L1} mit Spoiler:

$$F_{L1} = 0{,}6 \cdot 0{,}6 \cdot 7 \cdot 22{,}22^2$$

$$F_{L1} = 1244\ N$$

4. Berechnung des Luftwiderstandes F_{L2} ohne Spoiler:

$$F_{L2} = 0{,}6 \cdot 1 \cdot 7 \cdot 22{,}22^2$$

$$F_{L2} = 2074\ N$$

5. Gesamtwiderstand F_{ges1} mit Spoiler:

$$F_{ges1} = F_R + F_s + F_{L1}$$

$$F_{ges1} = 2746 + 11778 + 1244$$

$$F_{ges1} = 15768\ N$$

6. Gesamtwiderstand F_{ges2} ohne Spoiler:

$$F_{ges2} = F_R + F_s + F_{L2}$$

$$F_{ges2} = 2746 + 11778 + 2074$$

$$F_{ges2} = 16598\ N$$

7. Leistungsbedarf P_1 mit Spoiler ohne Wirkungsgrad:

(Leistung nach Formel 36: Leistung bei Bewegung in der Ebene)

$$P_1' = \frac{F_{ges1} \cdot v}{1000}$$

$$P_1' = \frac{15768 \cdot 22{,}22}{1000}$$

$$P_1' = 350\ kW\ (476\ PS)$$

8. Leistungsbedarf P_2 ohne Spoiler ohne Wirkungsgrad:

$$P_2' = \frac{F_{ges2} \bullet v}{1000}$$

$$P_2' = \frac{16598 \bullet 22{,}22}{1000}$$

$$P_2' = 369 \text{ kW } (502 \text{ PS})$$

9. Leistungsbedarf P_1 mit Spoiler mit Gesamtwirkungsgrad im Antriebsstrang $\eta = 0{,}95$:

$$P_1 = \frac{P_1'}{\eta} = \frac{350}{0{,}95}$$

$$P_1 = 368 \text{ kW } (501 \text{ PS})$$

10. Leistungsbedarf P_2 ohne Spoiler mit Gesamtwirkungsgrad im Antriebsstrang $\eta = 0{,}95$:

$$P_2 = \frac{P_2'}{\eta} = \frac{369}{0{,}95}$$

$$P_2 = 388 \text{ kW } (528 \text{ PS})$$

9.9 Spurkreis

Bei der Kreisfahrt eines Fahrzeugs beschreibt jedes Rad einen Spurkreis. Von Interesse ist hauptsächlich der äußere Spurkreis, bzw. dessen Halbmesser. Die Berechnung ist nicht genau, weil beim Kurvenlauf eines Fahrzeugs die auf den Mitten aller Räder errichteten Senkrechten sich nicht im Kurvenmittelpunkt schneiden (=Ackermann-Bedingung). Außerdem treten während der Fahrt dynamische Kräfte auf, die die Kurvenfahrt beeinflussen. Trotzdem sind folgende Formeln für Abschätzungen brauchbar:

Formel 44: Abstand der Spreizachsen

$$j = s - 2r_o$$

Formel 45: Sollwert des äußeren Lenkeinschlagwinkels

$$\cot ß_{ao} = \cot ß_i + \frac{j}{l_{kt}}$$

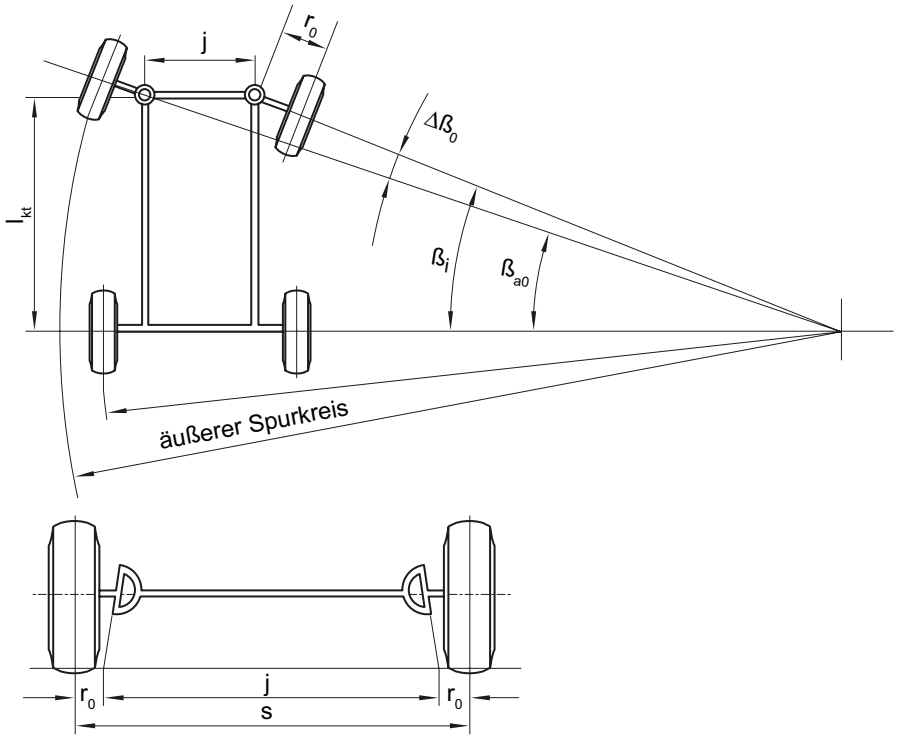
Formel 46: Lenkabweichung

$$ß_F = ß_a - ß_{ao}$$

Formel 47: Spurkreishalbmesser

$$r_s = \frac{l_{kt}}{\sin ß_{ao}} + r_o - 50 \bullet ß_F$$

Bild 103: Kinematische Zusammenhänge zur Spurkreisermittlung ESC-172



Beispiel:

Fahrzeug:	Typ T31, 19.314 FC
Radstand:	l_{kt} = 3.800 mm
Vorderachse:	Typ V9-82L
Bereifung:	315/80 R 22.5
Felge:	22.5 x 9.00
Spurweite:	s = 2.058 mm
Lenkrollhalbmesser:	r_0 = 58 mm
Lenkeinschlagwinkel innen:	$ß_i$ = 50,0°
Lenkeinschlagwinkel außen:	$ß_a$ = 30°30‘ = 30,5°

1. Abstand der Spreizachsen

$$j = s - 2r_o = 2058 - 2 \cdot 58$$
$$j = 1942$$

2. Sollwert äußerer Lenkeinschlagwinkel

$$\cot ß_{ao} = \cot ß_i + \frac{j}{l_{kt}} = 0{,}8391 + \frac{1942}{3800}$$

$$\cot ß_{ao} = 1{,}35$$

$$ß_{ao} = 36{,}53°$$

3. Lenkabweichung

$$ß_F = ß_a - ß_{ao} = 30,5° - 36,53° = -6,03°$$

4. Spurkreishalbmesser

$$r_s = \frac{3800}{\sin 36,53°} + 58 - 50 \bullet (-6,03°)$$

$$r_s = 6743 \text{ mm}$$

9.10 Achslastberechnung

9.10.1 Durchführen einer Achslastberechnung

Für die Fahrzeugoptimierung und richtige Aufbauauslegung ist die Erstellung einer Achslastberechnung unerlässlich.
Die Abstimmung des Aufbaus mit dem Lkw ist nur dann möglich, wenn vor Beginn aller Aufbauarbeiten das Fahrzeug verwogen wird.
Die durch Wiegen ermittelten Gewichte sind in die Achslastberechnung aufzunehmen.

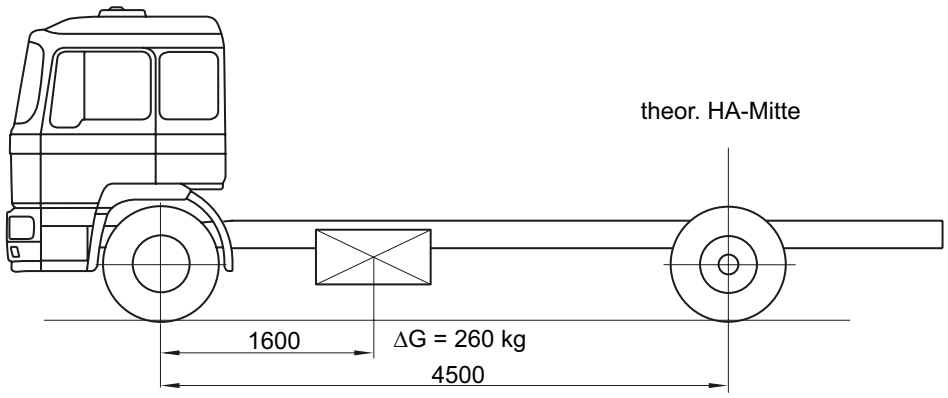
Im Folgenden wird eine Achslastberechnung erklärt. Zur Verteilung der Aggregatgewichte auf Vorder- und Hinterachse dient der Momentensatz. Alle Abstandsmaße sind auf die theoretische Vorderachsmitte zu beziehen. Gewicht wird in den nachfolgenden Formeln aus Gründen der Verständlichkeit nicht im Sinn von Gewichtskraft in [N] sondern im Sinn von Massen in [kg] verwendet.

Beispiel:

Anstelle eines 140-l-Tanks erfolgt die Montage eines 400-l-Tanks, gesucht ist die Gewichtsverteilung auf Vorder- und Hinterachse.

Differenzgewicht:	ΔG	=	400 - 140 = 260 kg
Abstand von theoretischer Vorderachsmitte		=	1.600 mm
theoretischer Radstand	l_t	=	4.500 mm

Bild 104: Achslastberechnung: Tankanordnung ESC-173



Lösung:

Formel 48: Differenzgewicht Hinterachse:

$$\Delta G_H = \frac{\Delta G \cdot a}{l_t}$$

$$= \frac{260 \cdot 1600}{4500}$$

$$\Delta G_H = 92 \text{ kg}$$

Formel 49: Differenzgewicht Vorderachse:

$$\Delta G_V = \Delta G \cdot \Delta G_H$$

$$= 260 - 92$$

$$\Delta G_V = 168 \text{ kg}$$

Das Auf- oder Abrunden auf volle kg genügt in der Praxis vollkommen. Auf das mathematisch korrekte Vorzeichen ist zu achten. Daher gilt folgende Vereinbarung:

- Maße:
  - alle Abstandsmaße die VOR der theoretischen Vorderachsmitte liegen erhalten ein MINUS-Vorzeichen (-)
  - alle Abstandsmaße die HINTER der theoretischen Vorderachsmitte liegen erhalten ein PLUS-Vorzeichen (+)
- Gewichte
  - alle Gewichte die das Fahrzeug BELASTEN erhalten ein PLUS-Vorzeichen (+)
  - alle Gewichte von Aggregaten die das Fahrzeug ENTLASTEN erhalten ein MINUS-Vorzeichen (-).

Beispiel - Schneepflugplatte:

Gewicht:	ΔG	=	120 kg
Abstand von Mitte erster Achse:	a	=	-1.600 mm
theoretischer Radstand:	l_t	=	4.500 mm

Gesucht ist die Gewichtsverteilung auf Vorder- und Hinterachse.

Hinterachse:

$$\Delta G_H = \frac{\Delta G \cdot a}{l_t} = \frac{120 \cdot (-1600)}{4500}$$

ΔG_H = -43 kg, die Hinterachse wird entlastet.

Vorderachse:

$$\Delta G_V = \Delta G - \Delta G_H = 120 - (-43)$$

ΔG_V = 163 kg, die Vorderachse wird belastet.

In folgender Tabelle ist als Beispiel eine vollständig durchgeführte Achslastberechnung dargestellt. Im Beispiel werden in einer Achslastberechnung zwei Varianten gegenüber gestellt (Variante 2 mit stärkeren Vorderfedern und größerer Bereifung an der Vorderachse, siehe Tabelle 44)

Tabelle 44: Beispiel Achslastberechnung

ACHSLASTBERECHNUNG
MAN - Truck & Bus AG, Postf. 500620, 80976 München

Abt.	: ESC	Fzg., Fhs.	:	26.314 FNLC / N - Fhs.			2000-02-21
Sachb.	:	Radstand	:	4600+1350	Ber. - Nr.	:	T36-.....
Kurzz.	:	R - tech.	:	5135	KSW - Nr..	:	
Tel.	:	Überh.	:	2000 = Serie	AE - Nr..	:	
		Überh.	:	1850 = Sonder	Fg. - Nr.	:	
		Überh.tech.	:	2665	File-N.	:	
VN	:	Fg.-Znr.	:	82.99126.8008	ESC-Nr.	:	
Kunde	:	Aufbau	:	**6.300mm Ladebrücke und Heckkran festmontiert**			
Ort	:			**Krangesamtmoment ca. 175 kNm**			

Benennung	Abst.v.t.	Gewichtsverteilung auf			Abst.v.t.	Gewichtsverteilung auf		
	VA-Mitte	VA	HA	Gesamt	VA-Mitte	VA	HA	Gesamt
Fahrgestell mit Fahrer, Werkzeug u. Reserverad		4.425	3.645	8.070		4.425	3.645	8.070
Hinterachse AP H9 - 13120	4.600	5	45	50	4.600	5	45	50
	0	0	0	0	0	0	0	0
Anhängerkupplung	7.800	-23	68	45	7.800	-23	68	45
Nebenabtrieb N../10 und Pumpe	1.450	43	17	60	1.450	43	17	60
	0	0	0	0	0	0	0	0
Rahmenverlängerung -150	7.875	5	-15	-10	7.875	5	-15	-10
Klimaanlage	-600	45	-5	40	-600	45	-5	40
Auspuff hochgezogen	400	18	2	20	400	18	2	20
Kraftstofftank 300 ltr. ALU	1.665	-14	-6	-20	1.665	-14	-6	-20
Batterien 2 x 180 Ah	1.500	11	4	15	1.500	11	4	15
ENTFALL: Res. Rad - hinten	7.100	57	-207	-150	7.100	57	-207	-150
HINZU: Res. Rad - seitl.	2.500	72	68	140	2.500	72	68	140
Luftbehälter ALU	1.300	-34	-11	-45	1.300	-34	-11	-45
	0	0	0	0	0	0	0	0
Sonstiges	1.650	34	16	50	1.650	34	16	50
	0	0	0	0	0	0	0	0
Heckkran, Arm untergeklappt	6.070	-424	2.754	2.330	6.070	-424	2.754	2.330
Verstärkung im Kranbereich	6.000	-17	117	100	6.000	-17	117	100
Hilfsrahmen	4.500	57	403	460	4.500	57	403	460
Ölbehälter	2.600	89	91	180	2.600	89	91	180
Bereifung VA 385/65 R 22.5 ***					**0**	**60**	**0**	**60**
Vorderfedern verstärkt PARA 9,0 t ***					**0**	**40**	**0**	**40**

Fahrgestell - Leergewicht		4.350	6.985	11.335		4.450	6.985	11.435
Zulässige Lasten	***	7.500	19.000	26.000	***	9.000	19.000	26.000
Differenz Leergewicht zu zul. Lasten		3.150	12.015	14.665		4.550	12.015	14.565
Schwerp. für Nutz- VA ausgel. X1 =	1.103	3.150	11.515	14.665	1.604	4.550	10.015	14.565
Last u. Aufbau bez. HA ausgel. X2 =	928	2.650	12.015	14.665	899	2.50	12.015	14.565
auf techn. HA-Mitte ausgeführt X3 =	1.400	3.998	10.667	14.665	1.400	3.971	10.594	14.565
Achsüberlastung		848	-1.348			-579	-1421	
Nutzlastverlust durch Achsüberlastung				3.110				
Bei gleichmäßiger Beladung verbleibt		3.150	8.405	11.555		3.971	10.594	14.565
Nutzlast	0	0	0	0	0	0	0	0
Fahrzeug beladen		7.500	15.390	22.890		8.421	17.579	26.000
Achs- bzw. Fahrzeugauslastung		100,0%	81,0%	88,0%		93,6%	92,5%	100,0%
Achslastverteilung		32,8%	67,2%	100,0%		32,4%	67,6%	100,0%
Fahrzeug leer		4350	6985	11335		4450	6985	11435
Achs- bzw. Fahrzeugauslastung		58,0%	36,8%	43,6%		49,4%	36,8%	44,0%
Achslastverteilung		38,4%	61,6%	100,0%		38,9%	61,1%	100,0%
Fahrzeugüberhang 51,9 %								
***** zul. VA-Last 9000 kg erforderlich !!**								
Gewichtstoleranzen nach DIN 70020 beachten! Angaben ohne Gewähr.								

9.10.2 Gewichtsberechnung Nachlaufachse angehoben

Die in MANTED® (www.manted.de) und anderen technischen Unterlagen angegebenen Gewichte von Nachlaufachsfahrzeugen sind bei abgesenkter Nachlaufachse ermittelt worden. Die Verteilung der Achslasten auf Vorder- und Antriebsachse nach Anheben der Nachlaufachse ist durch Rechnen leicht zu ermitteln.

Gewicht auf der 2. Achse (Antriebsachse) bei angehobener 3. Achse (Nachlaufachse):

Formel 50: Gewicht auf 2. Achse, 3. Achse angehoben

$$G_{2an} = \frac{G_{23} \cdot l_t}{l_{12}}$$

Es bedeuten:

G_{2an}	=	Leergewicht an der 2. Achse bei angehobener 3. Achse in [kg]
G_{23}	=	Leergewicht der 2. und 3. Achse in [kg]
l_{12}	=	Radstand 1. zu 2. Achse in [mm]
l_t	=	theoretischer Radstand in [mm]

Gewicht auf der Vorderachse bei angehobener 3. Achse (Nachlaufachse):

Formel 51: Gewicht auf 1. Achse, 3. Achse angehoben

$$G_{1an} = G - G_{2an}$$

Es bedeuten:

G_{1an} = Leergewicht an der 1. Achse bei angehobener Nachlaufachse in [kg]
G = Leergewicht des Fahrzeugs in [kg]

Beispiel:

Fahrzeug:	Typ T37, 26.414 FNLLC
Radstand:	4.800 + 1.350
Rahmenüberhang:	2.000
Fahrerhaus:	Großraum

Leergewicht bei abgesenkter Nachlaufachse:

Vorderachse G_{1ab} = 4.705 kg

Antriebs- mit Nachlaufachse G_{23} = 3.585 kg

Leergewicht G = 8.290 kg

Zulässige Achslasten: 7.500 kg / 11.500 kg / 7.500 kg

Lösung:

1. Ermittlung des theoretischen Radstandes (siehe Kapitel ‚Allgemeines'):

$$l_t = l_{12} + \frac{G_3 \cdot l_{23}}{G_2 + G_3}$$

$$l_t = 4800 + \frac{7500 \cdot 1350}{11500 + 7500}$$

l_t = 5333 mm

2. Ermittlung des Leergewichtes der 2. Achse (= Antriebsachse) bei angehobener 3. Achse (= Nachlaufachse):

$$G_{2an} = \frac{G_{23} \cdot l_t}{l_{12}} = \frac{3585 \cdot 5333}{4800}$$

G_{2an} = 3983 kg

3. Ermittlung des Leergewichtes der 1. Achse (= Vorderachse) bei angehobener 3. Achse (= Nachlaufachse):

$G_{1an} = G - G_{2an}$

G_{1an} = 7975 - 3840

G_{1an} = 4135 kg

9.11 Auflagerlänge bei Aufbau ohne Hilfsrahmen

Die Berechnung der erforderlichen Auflagerlänge berücksichtigt im folgenden Beispiel nicht alle Einflüsse.
Sie zeigt jedoch eine Möglichkeit auf und gibt gute Anhaltswerte für die Praxis.

Die Länge eines Auflagers wird berechnet mit:

Formel 52: Formel Auflagerlänge ohne Hilfsrahmen

$$l = \frac{0{,}175 \cdot F \cdot E\,(r_R + r_A)}{\sigma_{0,2} \cdot r_R \cdot r_A}$$

Bestehen Rahmen und Auflager aus unterschiedlichen Werkstoffen, dann ist:

Formel 53: E-Modul bei verschiedenen Werkstoffen

$$E = \frac{2E_R \cdot E_A}{E_R + E_A}$$

Es bedeuten:

l	=	Auflagerlänge je Auflager in [mm]
F	=	Kraft je Auflager in [N]
E	=	Elastizitätsmodul in [N/mm²]
r_R	=	Außenradius Rahmenlängsträgerprofil in [mm]
r_A	=	Außenradius Auflagerprofil in [mm]
$\sigma_{0,2}$	=	Streckgrenze des minderwertigeren Werkstoffs in [N/mm²]
E_R	=	Elastizitätsmodul Rahmenlängsträgerprofil in [N/mm²]
E_A	=	Elastizitätsmodul Auflagerprofil in [N/mm²]

Beispiel:

Fahrgestell für Wechselaufbau 26.414 FNLLW, Radstand 4.600 + 1.350, Großraumfahrerhaus, zul. Gesamtgewicht 26.000 kg, Fahrgestell-Leergewicht 8. 615 kg.

Lösung:

Für Nutzlast und Aufbau bleiben ca.	26.000 kg – 8.615 kg = 17.385 kg
Je Auflager bei 6 Lagerstellen am Fahrgestell	17.385 : 6 = 2.898 kg
Kraft	F = 2.898 kg • 9,81 kg • m/s² = 28.429 N
Außenradius Rahmenprofil	r_R = 18 mm
Außenradius Auflagerprofil	r_H = 16 mm
Elastizitätsmodul für Stahl	E = 210.000 N/mm²
Streckgrenze für beide Werkstoffe	$\sigma_{0,2}$ = 420 N/mm²

Eingesetzt in Formel 52 kann die minimale Länge je Auflager überschlägig bestimmt werden:

$$l = \frac{0{,}175 \cdot 28429 \cdot 210000 \cdot (18+16)}{430^2 \cdot 18 \cdot 16}$$

l = 667 mm

9.12 Verbindungseinrichtungen

9.12.1 Anhängekupplung

Die erforderliche Größe der Anhängekupplung wird durch den D-Wert bestimmt.

Die D-Wert-Formel lautet:

Formel 54: D-Wert

$$D = \frac{9{,}81 \cdot T \cdot R}{T + R}$$

D = D-Wert in [kN]
T = zulässiges Gesamtgewicht des ziehenden Fahrzeugs in [t]
R = zulässiges Gesamtgewicht des Anhängers in [t]

Beispiel:

Fahrzeug T31, 19.464 FLC

Zulässiges Gesamtgewicht 18.000 kg = T = 18 t

Anhängelast 22.000 kg = R = 22 t

D-Wert:

$$D = \frac{9{,}81 \cdot 18 \cdot 22}{18 + 22}$$

$$D = 97 \text{ kN}$$

Bei vorgegebenem zulässigen Gesamtgewicht des Anhängers R und D-Wert der Verbindungseinrichtung lässt sich das zulässige Gesamtgewicht des Zugfahrzeugs T nach folgender Formel ermitteln:

$$T = \frac{R \cdot D}{(9{,}81 \cdot R) - D}$$

Bei vorgegebenem zulässigen Gesamtgewicht des Zugfahrzeugs T und D-Wert der Verbindungseinrichtung lässt sich die maximal zulässige Anhängelast R nach folgender Formel ermitteln:

$$R = \frac{T \cdot D}{(9{,}81 \cdot T) - D}$$

9.12.2 Strarrdeichselanhänger/ Zentralachsanhänger

Zusätzlich zur D-Wert-Formel gelten für Starrdeichselanhänger/ Zentralachsanhänger weitere Bedingungen:
Anhängekupplungen und Schlußquerträger haben verringerte Anhängelasten, da in diesem Fall zusätzlich die auf Anhängekupplung und den Schlußquerträger wirkende Stützlast zu berücksichtigen ist.

Zur Angleichung der Rechtsvorschriften innerhalb der europäischen Union wurden mit der Richtlinie 94/20/EG deshalb die Begriffe D_c-Wert und V-Wert eingeführt:

Es gelten folgende Formeln:

Formel 55: D_C-Wert-Formel für Starrdeichsel- und Zentralachsanhänger

$$D_C = \frac{9{,}81 \cdot T \cdot C}{T + C}$$

Formel 56: V-Wert-Formel für Zentralachs- und Starrdeichselanhänger mit einer zulässigen Stützlast von ≤ 10% der Anhängemasse und nicht mehr als 1.000 kg

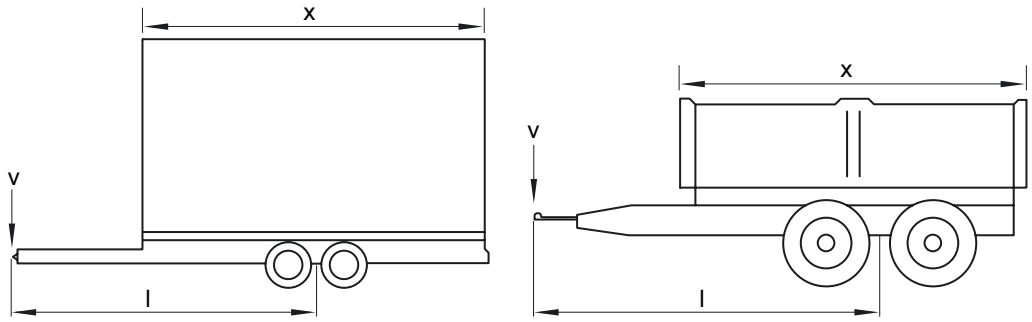
$$V = a \cdot \frac{X^2}{l_2} \cdot C$$

Bei rechnerisch ermittelten Werten $x^2/l^2 < 1$ ist 1,0 einzusetzen

Es bedeuten:

D_C	=	reduzierter D-Wert beim Betrieb mit Zentralachsanhänger in [kN]
T	=	zulässiges Gesamtgewicht des Zugfahrzeugs in [t]
C	=	Summe der Achslasten des mit der zulässigen Masse beladenen Zentralachsanhängers in [t] ohne Stützlast S
V	=	V-Wert in [kN]
a	=	Vergleichsbeschleunigung im Kuppelpunkt in [m/s²]. Es sind zu verwenden: 1,8 m/s² bei Luftfederung oder vergleichbarer Federung am Zugfahrzeug bzw. 2,4m/s² bei allen anderen Federungen
x	=	Aufbaulänge Anhänger siehe Bild 105
l	=	theoretische Zugdeichsellänge siehe Bild 105
S	=	Stützlast der Zugdeichsel am Kuppelpunkt in [kg]

Bild 105: Aufbaulänge Anhänger und theoretische Zugdeichsellänge (siehe auch Kapitel 4.16 ‚Verbindungseinrichtungen') ESC-510



Beispiel:

Fahrzeug:	L34, 8.224 LLC
Zulässiges Gesamtgewicht Anhänger:	7.490 kg = T = 7,49 t
Summe der Achslasten:	11.000 kg = C = 11 t
Stützlast:	S = 700 kg
Aufbaulänge:	x = 6,2 m
theoretische Zugdeichsellänge:	l = 5,2 m

Fragestellung: Können beide Fahrzeuge einen Zug bilden, wenn am Lkw der Schlußquerträger verstärkt 81.51250.5151 mit der Anhängekupplung Ringfeder 864 montiert ist?

Lösung:

D_C-Wert:

$$D_C = \frac{9{,}81 \cdot T \cdot C}{T + C} = \frac{9{,}81 \cdot 7{,}49 \cdot 11}{7{,}49 + 11}$$

$$D_C = 43{,}7 \text{ kN}$$

D_C-Wert Schlußquerträger: = 58kN (siehe Kapitel ‚Verbindungseinrichtungen', Tabelle 28)

$$\frac{x^2}{l^2} = \frac{6{,}2^2}{5{,}2^2} = 1{,}42$$

$$V = a \frac{x^2}{l^2} \cdot C = 1{,}8 \cdot 1{,}42 \cdot 11 \text{ (1,8 bei Luftfederung an der Hinterachse des Lkw)}$$

$$V = 28{,}12 \text{ kN}$$

V-Wert-Schlußquerträger = 35kN (siehe Kapitel 4.16 ‚Verbindungseinrichtungen', Tabelle 28)

Beide Fahrzeuge können einen Zug bilden, es ist aber die Einhaltung der Mindestvorderachslast von 35% des jeweiligen Fahrzeuggewichts (einschließlich Stützlast) nach Kapitel 3 ‚Allgemeines', Tabelle 19 vorgeschrieben.

Ein unbeladener Lkw darf nur einen unbeladenen Zentralachsanhänger ziehen.

9.12.3 Sattelkupplung

Die erforderliche Größe der Sattelkupplung wird durch den D-Wert bestimmt. Die D-Wert-Formel für Sattelkupplungen lautet:

Formel 57: D-Wert Sattelkupplung

$$D = \frac{0{,}6 \cdot 9{,}81 \cdot T \cdot R}{T + R - U}$$

Bei gegebenem D-Wert und gesuchtem zulässigen Gesamtgewicht des Aufliegers gilt:

Formel 58: Zulässiges Gesamtgewicht des Aufliegers

$$R = \frac{D \cdot (T - U)}{(0{,}6 \cdot 9.81 \cdot T) - D}$$

Liegt das zulässige Gesamtgewicht des Aufliegers und der D-Wert der Sattelkupplung fest, so lässt sich das zulässige Gesamtgewicht der Sattelzugmaschine mit folgender Formel errechnen:

Formel 59: Zulässiges Gesamtgewicht Sattelzugmaschine

$$T = \frac{D \cdot (R - U)}{(0{,}6 \cdot 9.81 \cdot R) - D}$$

Wenn die Sattellast gesucht ist, alle anderen Lasten aber bekannt sind, ergibt sich die Formel zu:

Formel 60: Formel Sattellast

$$U = T + R - \frac{0{,}6 \cdot 9{,}81 \cdot T \cdot R}{D}$$

Es bedeuten:

D	=	D-Wert in [kN]
R	=	zulässiges Gesamtgewicht des Sattelanhängers in [t] einschließlich der Sattellast
T	=	zulässiges Gesamtgewicht der Sattelzugmaschine in [t] einschließlich der Sattellast
U	=	Sattellast in [t]

Beispiel:

Sattelzugmaschine:	19.314FS
Sattellast laut Anhängertypschild:	U = 10 t
zulässiges Gesamtgewicht der Sattelzugmaschine:	18.000 kg = T = 18 t
zulässiges Gesamtgewicht des Sattelanhängers:	32.000 kg = R = 32 t

D-Wert:

$$D = \frac{0{,}6 \cdot 9{,}81 \cdot 18 \cdot 32}{18 + 32 - 10}$$

$$D = 84{,}8 \text{ kN}$$